

Aus der chirurgischen Klinik des Kantospitals Aarau.

Chefarzt Dr. med. O. Häuptli

RESULTATE DER PSEUDARTHROSENBEHANDLUNG NACH BRUN

INAUGURAL-DISSERTATION

zu Erlangung der Doktorwürde

der Medizinischen Fakultät der Universität Basel

vorgelegt von

Walter^W LEDERGERBER

von Andwil St. G.

1956

RESULTATE DER
PSEUDARTHROSENBEHANDLUNG NACH BRUN

Aus der chirurgischen Klinik des Kantonspitals Aarau.

Chefarzt Dr. med. O. Häuptli

RESULTATE DER PSEUDARTHROSENBEHANDLUNG NACH BRUN

INAUGURAL-DISSERTATION

zu Erlangung der Doktorwürde

der Medizinischen Fakultät der Universität Basel

vorgelegt von

Walter LEDERGERBER

von Andwil St. G.



Druck- & Verlagsanstalt
Emmendingen/Baden

1956

Von der Medizinischen Fakultät genehmigt auf Antrag von Professor Dr. Merke.
Tag der Promotion: 24. November 1955.

MEINEM LIEBEN VATER



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548827_0096

INHALT

	Seite
A. EINLEITUNG	9
1. Geschichte	9
2. Transplantationsarten	11
3. Pseudarthrose (Begriff, Arten, Ursache, Häufigkeit) . .	12
4. Stadien der Transplantateinheilung	17
5. Komplikationen der Spannung	20
6. Die Umkehrplastik nach Brun	21
B. BESCHREIBUNG DER FÄLLE	24
1. Humerus	24
2. Radius	26
3. Ulna	28
4. Femur	31
5. Tibia	32
6. Malleolen	38
C. ZUSAMMENFASSUNG	42
1. Fixationsdauer	42
2. Versager der U.P.	43
3. Komplikationen der U.P.	44
D. BIBLIOGRAPHIE	46

RESULTATE DER PSEUDARTHROSENBEHANDLUNG NACH BRUN

von

W. LEDERGERBER

Aus der chirurgischen Abteilung des Kantonsspitals Aarau

(Chefarzt Dr. med. O. Häuptli)

In vorliegender Arbeit sollen die Resultate der Pseudarthrosenbehandlung, die Brun an der Jahresversammlung der Schweizerischen Gesellschaft für Chirurgie 1931 in St. Moritz angegeben hat, anhand von 43 Fällen der chirurgischen Abteilung des Kantonsspitals Aarau, beschrieben werden. Die Methode wird nach dem Autor als *Brun'sche Umkehrplastik* bezeichnet. Das im Prinzip gleiche Verfahren wurde später noch von anderen Autoren angegeben und meist als Variation der Lexer'schen Verriegelung beschrieben, zum Teil Erwähnung der Arbeit von Brun (Wenzel 1935, Karitzky 1938 und Schkolnikow 1951). An der chirurgischen Klinik des Kantonsspitals Aarau wird das Verfahren von Brun neben anderen Methoden relativ häufig und mit gutem Erfolg angewendet. Hier soll eine Analyse der nach Brun'scher Umkehrplastik behandelten Fälle im Verlaufe der letzten 12 Jahre gegeben werden. Vorausgehend sollen die allgemeinen geschichtlichen und biologischen Grundlagen erörtert werden, die es überhaupt erst ermöglichten, Knochentransplantationen erfolgreich auszuführen, die ihrerseits zu einem wesentlichen Teil der Wiederherstellungschirurgie geworden sind. Der lange Weg der Erkenntnis der Biologie der Frakturheilung bis zur Biologie der Knochentransplantation kann nur ganz kurz angeführt werden.

Während *Hippokrates* glaubt, daß weder harte noch weiche Knochenbestandteile sich regenerieren können,

nahm *Galenus* an, daß aus den Bruchstücken ein aus dem Blut stammender Nahrungsaft des Knochens (*succus ossificus*) ströme, der die Fragmentenden verklebt. Durch Verhärtung des ausgeströmten Saftes komme es zur Konsolidation, zur Callusbildung. Die Lehre von Galenus war im Mittelalter vorherrschend und wegweisend. Der Callus wird demnach von Galenus als leblose, kittartige Masse aufgefaßt.

A. de Heyde (1686) erkannte anhand von Callusstudien an Tierversuchen, daß die Bruchenden durch organischknöchernen Ersatz vereinigt werden. Als erster sieht er die Callusbildung durch Organisation und Verknöcherung des Blutergusses entstehen.

Duhamel (1741), der Botaniker, machte als erster darauf aufmerksam, daß die Knochenregeneration vom *Periost* ausgeht. Er verglich das Wachstum des Knochens mit dem der Bäume. Er unterschied wie bei der Baumrinde auch am Periost zwei Schichten, wovon die innere zur Knochenbildung befähigt ist, während sich in den äußeren keine Regenerationsvorgänge abspielen. Die innere Schicht bezeichnete er als Kambiumschicht.

Auch *Heine* (1836) kam anhand von Tierexperimenten zum Schluß, daß das Periost wesentlich an der Knochenregeneration beteiligt ist. Das Knochenmark nimmt an der Knochenbildung nur in minderm Maße teil. Die Weichteile spielen nur eine sekundäre Rolle.

Der Begründer der Zellulärpathologie, *Virchow* (1858), sieht die Knochenbildung in einem cellulären Geschehen. Die Zellen des Knochengewebes selbst und deren Proliferation sind für die Knochenbildung verantwortlich. Die Frage nach dem Anteil der einzelnen Gewebsschichten an der Callusbildung wird dabei nicht berührt.

Erst *Gegenbauer* (1864) erkannte aus histologischen Untersuchungen, daß spezifische, hauptsächlich im Periost und in den primären Markhöhlen liegende Zellen (Osteoblasten), Knochengewebe bilden.

Axhausen, Lexer und seine Schule nehmen an, daß bei der Transplantation Osteoblasten im Periost, Knochen und den Haverschen Kanälchen überleben und zur Bildung eines Knochenregenerates fähig sind. Daß übrigens nicht nur aus Knochen, sondern auch aus anderen Geweben Knochen entstehen kann, wurde relativ spät erkannt. Es hat besonders *Bier* im Rahmen seiner Reizlehre darauf hingewiesen. Er schreibt 1923: „Der Knochen wird neu gebildet, einerseits vom Knochen selbst, und zwar unter Mitwirkung all seiner Teile, anderseits von beliebigem Bindegewebe, das von Reizen allerlei Art, vor allem aber vom verletzten Knochen aus zur metaplastischen Knochenbildung erregt wird.“ Schon früher hatten andere Autoren, z. B. *Barschkeirzew, Petrow* (1912) und *Nageotte* (1920) die Ansicht geäußert, daß die Neubildung des Knochens vom umgebenden Bindegewebe ausgehe.

Von neuen Autoren seien nur *Levander und Annersten* (1938) genannt, die die Knochenneubildung auf dem Wege der Differenzierung *unspezifischer* Zellen des Bindegewebes (Mesenchym) durch einen osteogenetischen Stoff erfolgen lassen.

Es stehen sich heute im wesentlichen zwei Ansichten über die Knochenregeneration gegenüber.

1. Die *Osteoblastenlehre*, nach der die Knochenneubildung ausschließlich an spezifisch differenzierte Zellen, die Osteoblasten, gebunden ist.
2. Die *Induktionslehre*, die besagt, daß sich die unspezifische, pluripotente Mesenchymzelle unter dem Einfluß von Stoffen aus abgestorbenem Knochen in eine spezifische, osteogenetische Zelle umbilden kann.

W. Axhausen hat in seiner neuesten Arbeit 1952 die Osteoblasten- und Induktionslehre zur biologischen Erklärung der Transplantateinheilung miteinander verschmolzen, indem er die beiden Vorgänge in zeitlich hintereinander gestaffelten Phasen zur Geltung kommen läßt. Die erste, nach wenigen Tagen einsetzende Callusbildung soll auf überlebenden osteogenen Zellen beruhen, während die spätere Knochenneubildung vom Lagerbindegewebe durch Induktion ausgeht.

Trotz der mangelhaften Kenntnisse über die Knochenregeneration führten bereits im vorigen Jahrhundert verschiedene Autoren freie Knochenverpflanzungen aus (Merrem 1809, von Walther 1821, Heine 1836, Flourens 1847, Middeldorpf 1852, Joux 1853), ohne daß sie Allgemeingut der Chirurgie wurden. Erst die Fortschritte der allgemeinen Chirurgie (Asepsis, Narkose) führten zur Verbreitung der Methode. Die autoplastische Knochenverpflanzung wurde dann zur Behandlung der Pseudarthrosen mit und ohne Defekt namentlich durch Lexer und seine Schule auf breiter Basis angewandt.

Es haben sich im Laufe der Zeit verschiedene Arten der Knochentransplantationen herausgeschält. Nach der Art der Spaneinpflanzung lassen sich so drei grundsätzlich verschiedene Gruppen unterscheiden:

1. Der Span wird beidseits in die Markhöhle der freien Fragmente eingetrieben (die sogenannte *Knochenbolzung*). Der Knochenbolzen verbindet sich vorwiegend mit dem endostalen Callus.
2. Der Span wird in anatomischer Lage in die Fragmentenden eingepaßt, so daß das Periost des Spanes an das Periost des Lagers und das Endost des Spanes an das Endost des Lagers zu liegen kommt (*ingelegter Span*). Die Methode stellt das gebräuchteste Verfahren dar.
3. Der Span wird subperiostal in eine angelegte Periosttasche dem Knochen aufgelagert (*aufgelegter Span*). Das letztere Verfahren wurde von Phemister ausgebaut. Die Methode hat in den letzten Jahren viele Anhänger gefunden.

Geschichtlich gesehen hat sich die Spaneinpflanzung unter Berücksichtigung der Häufigkeit der Anwendung von der Markhöhle zum Periost hin verschoben, nachdem von alters her bekannten, bedeutendsten Sitz der Knochenregeneration.

Nach der Art des zur Spanung verwendeten Knochenmaterials lassen sich wiederum drei Gruppen von Transplantationen unterscheiden:

1. *Autoplastische Transplantation*. Als Spanquelle dient das gleiche Individuum, bei dem ein Span verpflanzt werden soll.
2. *Die homoioplastische Transplantation*. Der Span wird von einem anderen Individuum der gleichen Art gewonnen.
3. *Die heteroplastische Transplantation*. Der Span wird von einer andern Art als dem Empfänger entsprechenden gewonnen.

Bei der autoplastischen Transplantation wird angenommen, daß unter günstigen Bedingungen vereinzelte Zellen überleben. In dieser Lebenskraft der Zelle, welche auch der Transplantation und ihren Schäden widersteht, liegt der Angelpunkt für das Gelingen jeder Transplantation (Rehn). Der erste Impuls bzw. die erste Phase der Regeneration bei der autoplastischen Transplantation geht nach *W. Axhausen* von den überlebenden Zellen aus. Die autoplastische Transplantation muß deshalb als die biologischste angesehen werden.

Die autoplastische Knochenverpflanzung kann nach zwei Arten durchgeführt werden.

1. Der Span kann dem gleichen Orte bzw. dem gleichen Gliedabschnitt, wo die Transplantation durchgeführt werden soll, entnommen werden. Man kann sie dementsprechend als isotope autoplastische Knochentransplantation bezeichnen.
2. Der Span kann am gleichen Individuum von einem anderen Ort bzw. einem andern Gliedabschnitt entnommen werden. Es handelt sich dann um eine heterotope oder auch freie autoplastische Transplantation.

Bei dem in vorliegender Arbeit beschriebenen Verfahren der *Umkehrplastik nach Brun* handelt es sich um eine isotope autoplastische Transplantation. Auf die Vorteile dieser Methode soll später hingewiesen werden. In Fällen, bei denen die Wichtigkeit der mechanischen Stützfunktion des Knochentransplantates in den Hintergrund tritt, bei denen aber ein osteogenetischer Reiz und Aufbaustoffe gegeben werden sollen, können, statt eines kräftigen Spanes, kleine Späne aus Kortikalis und Spongiosa verpflanzt werden.

Als erster hat *Matti* auf diese Transplantation hingewiesen (1926). Diese Transplantationsart hat dann auch von ihm den Namen erhalten. Die Mattitransplantation wird heterotop autoplastisch durchgeführt, durch Übertragung von Spongiosa meist aus dem Trochanter major, dem Tibiakopf oder dem Darmbeinkamm. Als isotope Form dieser Transplantationsart von kleinen Spänen ist die Grabenbildung nach *Brun* (1927) aufzufassen. *Brun* hat die Grabenbildung bei verzögerter Konsolidation und verzögerter Callusbildung empfohlen. Sie besteht in subperiostaler Bloßlegung der Frakturstelle und Schaffung eines Grabens mit dem Meißel bis beidseits ins gesunde, regenerationsfähige Knochenmark hinein. Die ausgeeißelten Knochensplitter werden dann wieder in den geschaffenen Graben gestreut. Eine ähnliche Bedeutung kommt der *Aufsplitterung nach Kirschner* und der *Beck'schen Bohrung* zu. Als hauptsächlichstes praktisches Anwendungsgebiet der Knochentransplantationen gelten die verschiedenen Pseudarthroseformen und ihre Vorstufen: Die verzögerte Konsolidation und die verzögerte Callusbildung.

Begriff der Pseudarthrose:

Als Pseudarthrose bezeichnet man allgemein eine infolge verschiedener Störungen, am häufigsten infolge von Verletzungen, entstandene Kontinuitätsunterbrechung eines Knochens, die nicht konsolidiert, sondern unter Beibehaltung

abnormer Beweglichkeit zu einem Dauerzustand geworden ist (Guleke). Röntgenologisch zeichnen sich die Pseudarthrosen durch Sklerosierung der Bruchenden und Abdeckung der Markhöhlen aus, bei deutlich sichtbarem Spalt oder bei größerem Zwischenraum durch eine Lücke zwischen den Bruchenden.

Histologisch sind die Pseudarthrosen gewöhnlich *Syndesmosen*. Selten kommt es zur Ausbildung eines Gelenkspaltes und eines Knorpelüberzuges.

Als Vorstufen der Pseudarthrosen unterscheidet man nach Brun die verzögerte Konsolidation und die verzögerte Callusbildung. Bei der verzögerten Konsolidation ist in Berücksichtigung der Länge der Heilungsdauer, reichlich aber minderwertiger Callus vorhanden. Ein großer Callus ist oft das Zeichen ungenügender Fixierung (Matzen). *Bürkle de la Camp* spricht von Bewegungscallus.

Bei der verzögerten Callusbildung ist röntgenologisch und palpatorisch kein oder nur spärlich Callus nachweisbar. Die Vorstufen sind als Scheideweg aufzufassen, von dem die eine Linie zur Ausheilung, zur Konsolidation führt und die andere zur Pseudarthrosenbildung (Brun). Im Einzelfalle ist es allerdings nicht immer leicht, zwischen dem Zustandsbild der Pseudarthrose und den Vorstufen der Falschgelenkbildung zu unterscheiden. Zumal zwischen den beiden Begriffen kein scharfer Trennungsstrich gezogen werden kann. Der Übergang zum endgültig bleibenden Ergebnis einer gestörten Knochenbruchheilung mit vollkommenem Darniederliegen der Wiederherstellungsvorgänge ist ein kontinuierlicher. Am wenigsten kann ein bestimmtes, in Zeitabschnitte gegliedertes Schema eine Unterscheidung bringen. Knochenbrüche können noch nach Monaten und sogar nach Jahren ohne besondere Behandlung fest werden. Röntgenologisch läßt sich doch die Klassierungen in Vorstufen der Pseudarthrosen und in die eigentliche Pseudarthrose in den meisten Fällen aufrecht erhalten. Der Röntgenbefund ist am maßgebendsten zur Feststellung des jeweiligen Heilgeschehens.

Die Pseudarthrosen können nach *aetiologischen* Gesichtspunkten nach *Pitzen* (1940) in folgende Gruppen eingeteilt werden:

1. Die angeborenen, congenitalen Pseudarthrosen.
2. Die Pseudarthrosen nach Knochenbrüchen:
 - a) Genuine oder gemeine Pseudarthrosen oder Spalt pseudarthrosen.
 - b) Defekt pseudarthrosen.
3. Spontanpseudarthrosen im Knochen und Transplantaten, die als Umbauzonen bekannt sind.
4. Pseudarthrosen infolge osteomyelitischer Zerstörung.

Unter Berücksichtigung der Festigkeit gibt es:

1. straffe Pseudarthrosen,
2. lockere Pseudarthrosen.

Die Faktoren, die zur Pseudarthrose führen, können allgemeine und lokale sein. Die *allgemeinen* Faktoren, die in Stoffwechselstörungen und in Mangelzuständen der Bausteine der Knochenregeneration beruhen, treten in der Häufigkeit des Auftretens gegenüber den *lokalen* Faktoren weit zurück. Daher tritt

auch in der Pseudarthrosenbehandlung die allgemeine gegenüber der örtlichen weit in den Hintergrund.

Karcher konnte bei der Prüfung mit Hilfe von radioaktiven Kalzium- und Phosphor-isotopen bei Substanzen wie Parathormon, Sexualhormone, Vitamin A und B, bei Schaffung eines alkalischen Milieus, was immer wieder zur Begünstigung der Frakturheilung empfohlen wurde, in keinem Falle eine gesteigerte Anlagerung des Isotopes und damit eine Beeinflussung des Mineralstoffwechsels nachweisen. Lediglich bei entsprechender Mangelernährung war eine Beeinflussung der Stoffwechselvorgänge zu erreichen. Diese Feststellung entspricht auch der häufigen Beobachtung, daß gesunde, kräftige Menschen mit den besten allgemeinen Voraussetzungen eine Verzögerung der Knochenheilung erleiden können.

Bei den lokalen Faktoren spielen die *mechanischen Momente eine Hauptrolle*. In der Folge sei auf die häufigsten lokalen Ursachen der verzögerten Konsolidation und Pseudarthrosenbildung hingewiesen, wie sie von *Ulrich Graff* angegeben wurden (1953). Die Angaben sind nicht nach aetiologisch einheitlichem Gesichtspunkt zusammengefaßt. Sie geben jedoch einen guten Überblick über die Faktoren, die für Pseudarthrosenbildung verantwortlich gemacht werden können.

1. Ausgedehnte Entsplitterung und starkes Trauma (Böhler, Lange, Hohmann, Geiger, König, Bätzner).
2. Ungenügende Reposition und Retention (Böhler, Eden). Achsenknickung wirkt verzögernd auf die Callusbildung. Am besten für die schnelle Callusbildung ist eine ideale Reposition (Matzen).
3. Kleinste Bewegungen der Bruchstücke im Gipsverband (Braun, Lexer, Looser, Pauwels, Brandt). Der Callus lokalisiert sich an den Ort der größten mechanischen Ruhe.
4. Distraktion im Streckverband (Böhler, Magnus).
5. Sperrwirkung eines Knochens an zweiknochigen Gliedabschnitten (Brandt, Kleinschmidt).
6. Einwirkung von Muskelzugkräften (Rehn). Pseudarthrosen häufen sich an den Spannungspitzen am Knochen, an Stellen, wo die Muskelkontraktionen die stärksten Bewegungen auslösen. Die Stellen entsprechen den von Muskelansätzen freien Knochenabschnitten, zum Beispiel am Übergang vom mittleren zum distalen Tibiadrittel.
7. Schub-, Dreh- und Scherkräfte (Pauwels, Brandt, Putti, Schanz).
8. Weichteilinterposition (König).
9. Bruchhaematom (Lexer, Hildebrandt, contra Bier).
10. Zirkulationsstörungen im Bruchgebiet (Sudeck, Phemister, Staudinger).
11. Infektion (Goetze, Brackertz, Häbler, Witt). Bei gewissen Fällen spielt die schleichende Infektion nach offenen Knochenbrüchen, auch wenn die Wund-

heilung sonst ungestört vor sich gegangen ist, eine Rolle für die verzögerte und mangelhafte Ausbildung von Callus und für die Entwicklung einer Pseudarthrose (Andersen 1938).

12. Häufige Durchleuchtungen (Bürkle de la Camp).

13. Häufige Repositionsmanöver.

14. Druckkräfte wirken mittelbar günstig auf die Caallusbildung, da sie die Frakturenden bei eintretender Resorption miteinander innig in Verbindung bringen. Dauerdruck wird von Lenggenhager als das allerunphysiologischste, das es für wachsendes Gewebe gibt, angenommen. Er führt die Häufigkeit der Pseudarthrosenbildung bei Querfrakturen auf diesen Umstand zurück. Druckkräfte, die auf die Bruchenden einwirken, führen nicht zu einer vermehrten Callusbildung und auch nicht unmittelbar zu einer Beschleunigung der Frakturheilung (Matzen).

15. Quer im Frakturspalt liegende Knochenteile (Brun).

Damit dürften die wesentlichsten, bis heute bekannten Umstände erwähnt worden sein, die die Pseudarthrosenentstehung begünstigen.

Die Häufigkeit der Pseudarthrosen wird in den Statistiken verschieden angegeben. Sie schwankt sicher je nach Krankengut, Behandlungsart und der röntgenologischen Beurteilung (Demel 0,04 %, Hoche 0,26 %, Magnus 0,6 %, König 0,5 %, Hofmeister 1,25 %, Langenskiöld 2,05 %, Pfab 2,05 %, Hansen 2,9 %, Scheffel 3,7 %, Moritz 4,7 %).

Bei Kriegsverletzten wurden Zahlen von etwa 6 % angegeben (Walker).

Zum näheren Verstehen der Einheilvorgänge eines Knochentransplantates sind die in der Literatur angegebenen biologischen Erkenntnisse wertvoll.

Bei der Betrachtung der Einheilvorgänge des Knochentransplantates interessiert in erster Linie die Osteogenesis im Bereiche des Transplantates. Es wurde, wie Orell in seinen Veröffentlichungen 1953 schreibt, angenommen, daß der neue Knochen zuerst und im wesentlichen im Knochengewebe — im Transplantatbett — gebildet wird. Ob die Zellen des Knochentransplantates selbst an der Knochenneubildung teilnehmen, war Streitfrage. Einige Verfasser glauben, daß die Zellen im Transplantat überleben und regenerieren. Andere Autoren nehmen an, daß die Zellen des Lagers, durch osteogenetische Stoffe des Transplantates angeregt, die Knochenregeneration besorgen. Neuerlich wurde von mehreren Autoren gezeigt, daß wahrscheinlich beide Wege beschritten werden (Urist und Mac Lean, Wolfgang Axhausen). Sie haben dies teils durch Implantation von frischem autoplastischem Knochen, teils durch Implantation von totem oder gefrorenem Knochen in extra-skelettärem Gewebe nachgewiesen. Im ersten Fall beginnt die Knochenneubildung sehr bald, d. h. schon nach einigen Tagen, in letzterem Fall frühestens nach 3 bis 6 Wochen, was bei frischem, autoplastisch transplantiertem Knochen besagt, daß knochenbildungsfähige Zellen am Leben

bleiben und die Knochenbildung, sobald Anschluß an die Gefäßbahn gewonnen wird, aufnehmen. Beim abgestorbenen Knochen wird die Regeneration erst später aufgenommen durch Umdifferenzierung unspezifischer Mesenchymzellen zu Osteoblasten. Die Umdifferenzierung braucht also erheblich Zeit, d. h. ca. einen Monat. Es ist bekannt, daß die Differenzierung der Mesenchymzellen nur auf einen bestimmten Anreiz (Induktion) hin erfolgt, der von absterbenden Knochen eingeleitet wird. Nach W. Axhausen bedürfen die osteogenetischen Zellen, die als solche schon im Transplantat liegen, nach Abschluß der Wachstumsphase des betreffenden Individuums, des Induktionsreizes von absterbenden Knochen, um ihre Tätigkeit aufzunehmen. Lokale nekrobiotische Vorgänge sind zur Aktivierung von Osteoblasten notwendig, sowie zur Differenzierung zu Osteoblasten (Ritter). Im Wachstumsalter ist das spezifische, osteogenetische Gewebe an sich a priori knochenbildungsfähig. Die chemische Art des Induktionsstoffes ist bisher nicht bekannt.

Nach Swante Annersten erträgt die osteogenetische Substanz eine vierstündige Erhitzung auf 78 Grad und eine einstündige im Autoklav auf 120 Grad.

Die von *Schink* vorgenommenen Tierversuche entsprechen in ihrer Anordnung weitgehend den Verhältnissen bei der Umkehrplastik. Er entnahm isotope, autoplastische, wandständige Knochenspäne am lebenden Meerschweinchen und setzte die Späne sofort nach der Loslösung wieder in die Entnahmestelle ein. Durch Obduktion der Tiere in verschiedenen Zeitabschnitten nach der Spanung und durch histologische Untersuchung der Operationspräparate konnte er folgende Feststellungen machen:

Die Regeneration am Transplantat beginnt in der ersten Woche und betrifft nur die Oberfläche, die peri- und endostale Seite, und nicht den soliden Knochen selbst. Ebenfalls am Lagerknochen sind in der ersten Woche regenerative Vorgänge zu erkennen. In der zweiten Wochen erfolgt Bildung von jungem Knochengewebe auf der endostalen und periostalen Seite des Transplantates. Ab Ende der zweiten Woche erfolgt Substitution des Transplantatknochens. Am 100. Tag sind noch Reste des Transplantates vorhanden. Am Lagerknochen selbst findet keine Resorption oder Substitution statt. Osteoidbildung am Lagerknochen kann ebenfalls zwischen der ersten und zweiten Woche beobachtet werden. Die Vaskularisation wird maßgebend durch das umliegende Bindegewebe bestimmt. Periostgedeckte Knochenspäne heilen dementsprechend unter peri- und endostaler Knochenbildung ein, wenn ihre Weichteile: Periost, Endost und der Inhalt der Haver'schen Kanäle durch den Wiedereintritt der Blutzirkulation am Leben bleiben. Der Anschluß an die Blutzirkulation ist aber immer nur dann gewährleistet, wenn die Umgebung zur Zeit des Eingriffes nicht schwierig verändert ist und das Knochenmark keine fibröse Entartung aufweist. Das Transplantat, beurteilt am Verhalten der Knochenzellen (Osteocyten), geht zu-

grunde. Nach 17 Wochen sind die Knochenkammern größtenteils leer. Resorption und Apposition wechseln im Bereiche des Transplantates ab und bedingen Substitution des Transplantates. Das Lagerbindegewebe nimmt bei dieser Versuchsanordnung nicht aktiv an der Knochenregeneration teil. Für die Wiederherstellung der Blutversorgung hat aber das Lagerbindegewebe entscheidende Bedeutung.

Oberdahlhoff (Hudak, Gelbke) wiesen im Tierversuch nach, daß eine mit Fascie umhüllte Fraktur langsam verheilt und eventuell zur Pseudarthrose wird. Es ist jedoch, wie Gelbke ausführt, bei Ausschaltung des anliegenden Bindegewebes eine Fraktur durch geeignete technische Maßnahmen (absolute Ruhigstellung) zur Konsolidation zu zwingen. Der Lagerknochen beteiligt sich an der ganzen Circumferenz an der Knochenneubildung. Der transplantierte Span dient mit seinen Haver'schen und Volkmann'schen Kanälen den einsprossenden Kapillaren des umliegenden Bindegewebes und des Spannettes als Leitbahn. Der Span wird in dem Maß abgebaut, als Gefäßkapillaren einsprossen und wird allmählich durch körpereigene, neugebildete Knochensubstanz ersetzt.

Lexer hat die Transplantateinheilung in drei Stadien eingeteilt:

1. Atrophie (Hyperaemie, Acidose). Es überwiegt der Abbau.
2. Lebender Umbau. Es überwiegt der Aufbau.
3. Funktioneller Ausbau.

Im Röntgenbild ist das 1. Stadium der Atrophie durch Kalkschwund in einer Aufhellung des Transplantates zu erkennen. Sie spricht dafür, daß das Transplantat mit gutem Gefäßanschluß versorgt ist. Sklerose weist auf mangelhafte Gefäßversorgung hin. Septische und aseptische Sequester sind auf ungenügende örtliche Ernährung zurückzuführen, die osteogenetischen Zellen können dadurch nicht zur Entfaltung und Wirkung kommen. Im 2. Stadium gleicht sich das Transplantat dem Kalkgehalt des Knochenlagers an. Der Umbau des Transplantates beginnt schon früh im ersten Stadium der Atrophie, d. h. schon ca. nach 1 Woche, kommt aber röntgenologisch erst zur Darstellung, wenn die Aufbauvorgänge überwiegen. Im 3. Stadium erfolgt die biologische Einpassung des Transplantates durch anatomische Angleichung an den betreffenden Knochenabschnitt.

Eine weitere Klärung der Transplantateinheilung, mehr von der mineralogischen Seite aus beleuchtet, gelang in den letzten Jahren durch Verwendung *radioaktiver Isotopen* von Phosphor / P 32 und Calcium, Ca 45, in den Körper im Tierversuch. Diese radioaktiven Isotopen verhalten sich chemisch und biologisch gleich wie ihre entsprechenden inaktiven Elemente und zerfallen unter Ausstrahlung von Beta-Strahlen. An Stellen lebhaften Umsatzes kommt es dann zur Anhäufung von Radioaktivität, die mit strahlenempfindlicher photographischer Schicht in Kontakt gebracht, visuell dargestellt werden kann.

Wojta beobachtete bei seinen Isotopen-Tierversuchen, daß Mitverpflanzung von Periost bei der Transplantation den Anschluß des Transplantates an den vitalen Stoffwechsel

beschleunigt. Es kann so zu einer erheblichen Steigerung der P 32 Aufnahme führen. Bei transplantierten, mit P 32 radioaktivierten Spänen, wurde P 32 in der Umgebung des Transplantates gefunden, was beweist, daß das Transplantat aus seinem Mineralbestand Phosphat an die Umgebung abgibt, das in den Knochen der Nachbarschaft aufgenommen wird. Es erfolgt also eine recht beträchtliche Verlagerung des Minerals des Transplantates.

Karcher konnte vom 4. Tage nach Frakturen eine vermehrte Anlagerung des radioaktiven Phosphors gegenüber der Vergleichsseite nachweisen und eine Vermehrung des Calciumisotopen nach 6 bis 9 Tagen feststellen. Im Knochentransplantat ist vom 20. bis 25. Tage an vermehrte Aufnahme von P 32 gegenüber der Vergleichsstelle bemerkbar, was der Einleitung des Umbaustadiums entspricht. Nach 4 Monaten ist der P-32-Gehalt im Transplantat noch erhöht, d. h. der Umbau ist noch nicht vollständig abgeschlossen. Er konnte anhand seiner Versuche auch beobachten, daß das *autoplastische Transplantat dem homoioplastischen immer, auch noch nach monatelanger Konservierung, überlegen ist*. Bei verzögerter Bruchheilung und Pseudarthrose fand sich eine deutliche Herabsetzung des Isotopengehaltes, verglichen mit der normalen Frakturheilung.

Nach dem bisher Angeführten bezweckt die Knochentransplantation in der Hauptsache:

1. Ausübung eines regenerativen Reizes (Induktion).
2. Zuführung von Baumaterial, mineralischen Bestandteilen, bei Autoplastik Zuführung von lebenden, osteogenetischen Zellen (bei Homoioplastik nur partiell möglich).
3. Statische Fixierung (gilt nur für die Spanplastik, nicht für die Spongiosaplastik).

Der erste Faktor, die Ausübung eines regenerativen Reizes ist der unspezifischste. Er trifft für autoplastische, homoioplastische und auch für heteroplastische Transplantate zu und ebenso für den Corticalisspan, wie für die Spongiosaplastik. Die Anforderungen, die aber an der Aufnahmestelle dem Transplantatlager gestellt werden, sind sehr verschieden. Die Homoioplastik und noch mehr die Heteroplastik sind auf optimale Zirkulationsverhältnisse und ein regenerationsstarkes Lager angewiesen.

Nach den Untersuchungen von W. Axhausen heilen *autoplastische* Späne

1. rasch, beinahe reaktionslos ein.
2. Die Knochenneubildung erfolgt zweiphasisch. Nach 4—5 Tagen von seiten überlebender osteogenetischer Zellen des Transplantates, nach 3—4 Wochen, Bildung von osteogenetischen Zellen aus dem Lagerbindegewebe unter dem Induktionsreiz des Transplantates.
3. Der Knochenumbau erfolgt rasch und vollständig.

Homoioplastische Späne heilen:

1. unter vermehrter reaktiver Bindegewebsentwicklung und zellulärer Infiltration langsam ein.

2. Knochenneubildung durch überlebende Zellen des Transplantates nur in einem Teil der Fälle. Bei kältekonservierten Transplantaten völliger Ausfall der ersten osteogenetischen Phase durch Kältetod der osteogenetischen Zellen. Unter optimalen Bedingungen aufbewahrte, konservierte Späne zeigen Knochenbildungsfähigkeit bis zum 16. Tage. Im Tiefgefrierverfahren erlischt die Knochenbildungsfähigkeit sofort. (Maatz).

Bei den *heteroplastischen* Spänen tritt

1. eine noch stärkere zelluläre bindegewebige Reaktion im Lager auf als bei einer Homoioplastik.
2. Vom Transplantat geht keine Knochenbildung aus.
3. Der knöcherne Umbau ist noch stärker verzögert als bei der Homoioplastik.

Das autoplastische Knochentransplantat muß deshalb, biologisch gesehen, als das wertvollste bezeichnet werden. Es zeichnet sich durch eine große Widerstandsfähigkeit gegenüber Infektions- und anderweitigen Störungen der Wundheilung, wie Bluterguß, aus. Am anspruchlosesten dürfte der autoplastische Spongiaspan sein (Matti, Fehr). Er erfüllt aber am schlechtesten seine Rolle als Fixationsfaktor. Die Spongiosaplastik kommt deshalb nur für bestimmte Fälle in Frage, bei denen die Fixation schon gewährleistet ist oder in Kombination mit anderen Verfahren (z. B. Marknagel, oder als zusätzliche Hilfe bei Spantransplantationen).

Um einen möglichst großen osteogenetischen Reiz auszuüben, viel Baumaterial mitzubringen und um zuverlässig zu fixieren, sollen große Späne, worauf schon *Lexer* hingewiesen hat, transplantiert werden.

Karitzky empfiehlt als Spandicke $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ des Knochendurchmessers der Empfangsstelle. Es soll ein Span, nicht ein Spänchen transplantiert werden. Viele Mißerfolge sind auf zu kleine Späne zurückzuführen. Man würde deshalb besser von einem Knochenbalken, der verpflanzt wird, sprechen. Durch den Gebrauch eines dicken Knochenbalkens wird auch auf die Atrophie des Spanes Rücksicht genommen, die in der ersten Phase der Einheilung stattfindet. Die Späne selbst sollen, um ihrer Fixationsaufgabe zu genügen, fest verankert werden. Die Befestigung der Späne wird in der Regel durch Drahtschlingen vorgenommen. *Brun* empfiehlt zur Erlangung einer soliden Fixation des Spanes, z. B. bei der Tibiapseudarthrose, nach Möglichkeit die Verfalzung ohne Drahtschlinge. Denn wie weniger Fremdkörper wir dazu gebrauchen, desto ungestörter sind die Erfolge.

Beim Phemisterspan erfolgt die Fixation durch einfaches Einschieben in eine vorpräparierte Periosttasche.

Wichtiger als die primäre feste Fixation des Spanes, die sich im Stadium der Atrophie lockert, ist die sekundäre Fixation durch einen gut sitzenden Gipsverband, der bei Rückgang der Schwellung und entsprechender Weichteilatrophie

immer wieder erneuert werden muß bis zur festen Einheilung des Spanes. Die primäre Stabilisierung der Fragmente und des Spanes soll auch möglichst beim Verbandwechsel nicht gestört werden.

Rehn und *Brun* geben eine Fixationsdauer von ca. 12 Wochen an. Nach *Lexer* soll eine funktionelle Beanspruchung des Transplantates erst nach 4 Monaten zugelassen werden.

Allgemein kann gesagt werden, daß alle die früher angegebenen Faktoren, die zu verzögerter Callusbildung und Pseudarthrose führen, auch in der Nachbehandlung von Pseudarthrosenoperierten strengstens ausgeschaltet werden müssen.

Der transplantierte Knochen soll in innige, flächenhafte Berührung durch genaue Einpassung mit dem Lager kommen, so daß sich die Regeneration ebenfalls von Anfang an flächenhaft abspielen kann. Ferner sollen die Spanoperationen unter größtmöglicher Gewebsschonung vorgenommen werden, zur Erhaltung von möglichst viel lebendem osteogenetischem Gewebe und zur Vermeidung von Vascularisationsschäden. Die exakte Blutstillung bei der Spanoperation ist von großer Wichtigkeit. Haematome erschweren den Gefäßanschluß des Transplantates an das bindegewebige und knöcherne Lager und begünstigen eine Infektion des Operationsgebietes. *Brun* hat deshalb seine Umkehrplastiken für 24 Stunden drainiert. Stärkere narbige Veränderungen der Haut und Weichteile im Operationsgebiet können den Einheilvorgang durch mangelnde Vascularisation stören. Häufig sind dann Voroperationen im Sinne von Haut-Weichteilplastiken zu empfehlen, die für den Span bessere Vorbedingungen schaffen. Es sind Fälle bekannt, bei denen Pseudarthrosen nur schon durch diese Voroperationen ausgeheilt sind. Als hauptsächlichste lokale *Komplikationen* nach Spanung gelten:

1. *Fraktur des Spanes*, die durch einmaliges Trauma oder durch wiederholtes unterschwelliges Trauma zustande kommen kann. Letzteres im Sinne eines Dauerbruches. Zu den Looser'schen Umbauzonen im Span kann es erst kommen, wenn der Span schon vascularisiert ist, denn die Looser'schen Umbauzonen sind der Ausdruck von krankhafter Callusbildung an mechanisch irritierter Stelle.
2. Infektion des Operationsgebietes.

Bleibt dem Knochen Zeit, sich durch Umlagerung und Verdickung den Ansprüchen anzupassen, resultiert eine Verfestigung mit erhöhter Leistungsfähigkeit. Bei Überbeanspruchung aber kommt es zu einer Zerrüttung des Aufbaues und schließlich zum Dauerbruch. Zwischen Dauerbruch und Umbauzonen ist kein wesentlicher Unterschied. Wesentlich für das Versagen des Knochens ist nicht die Größe der einwirkenden Gewalt; die unter Umständen in physiologischen Grenzen gehaltene Beanspruchung muß sich nur über eine bestimmte Dauer

hin erstrecken können und genügend oft wiederholen, um zu einer Erschöpfung des Knochens zu führen. Es besteht ein Mißverhältnis zwischen Knochenfestigkeit und funktioneller Belastung.

Röntgenologisch zeichnen sich die Umbauzonen durch eine mehr oder weniger breite bandartige Aufhellung deutlich ab. (Nach Schinz ist es das Reparationsstadium der Dauerfraktur.) Bei Ermüdungsfrakturen, die sich in verhältnismäßig kurzer Zeit entwickeln, können die langsam verlaufenden geweblichen Reaktionen des Knochens gar nicht zur Auswirkung kommen.

Durch einmaliges Trauma oder durch unterschwellige Traumen frakturierte Späne können nach Beseitigung der mechanischen Insulte konsolidieren (Brun).

Bei eingetretener *Infektion* kann namentlich bei autoplastischen Transplantationen doch noch eine Einheilung bzw. eine teilweise Einheilung des Spanes eintreten. *Karitzky* rät, bei Eintreten einer Infektion bei der geschlossenen Wundbehandlung zu bleiben. Einleitung von offener Wundbehandlung bedeutet nach ihm Verzicht auf die Einheilung des Transplantates. Durch die Anwendung von Antibiotica lassen sich sicher häufig Späne retten, die früher verloren gewesen wären. In der vorantibiotischen Zeit wurde bei infizierter Fraktur bzw. Pseudarthrose bis zur Ausführung einer plastischen Operation 4 bis 6 Monate, sogar bis 2 Jahre gewartet. *Brun* empfahl, 2 volle Jahre bis zur Durchführung der Plastik zu warten, und zwar vom Ende der Wundeiterung an gerechnet. In der neueren Zeit wurden im Vertrauen auf die Antibiotica Spantransplantationen selbst noch im fistelnden Stadium der Pseudarthrose vorgenommen. *Cathomas* zeigte anhand von Tierversuchen, daß Späne (Spongiosa) unter Chemotherapieschutz mit auf den Erreger abgestimmte Antibioticum komplikationslos einheilen können.

Gelbke, Lauche und *Eggers* heben hervor, daß milde Entzündungen durch Entfaltung einer Hyperaemie sich unter Umständen günstig auf die Konsolidationsvorgänge auswirken können; auch wenn kleine Teile des Knochens der Resorption oder Nekrose verfallen, gehen die Einheilvorgänge nebenher weiter.

Nach der Darlegung der geschichtlichen und biologischen Grundlagen der Knochentransplantationen im allgemeinen, soll nun die Umkehrplastik im speziellen besprochen werden.

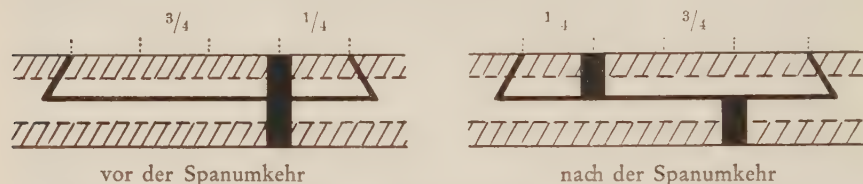
Das Verfahren der Umkehrplastik:

Wie anfangs erwähnt, hat *Brun* das Verfahren der Umkehrplastik an der Jahresversammlung der Schweizerischen Gesellschaft für Chirurgie 1931 ausführlich dargelegt.

Das Wesentliche bei der Umkehrplastik besteht darin, daß man dasselbe Material, das man zur Gestaltung des Transplantatlagers abheben muß, autochthon

wieder zur Plastik benützen kann. Es wird ein Span ausgemeißelt, der nicht in der Mitte die Pseudarthroselinie trägt, sondern an der Grenze zwischen äußerstem und zweitäußerstem Viertel. Brun bezeichnete deshalb das Verfahren als $\frac{3}{4}$ -Umkehrplastik. Der Span wird herausgehoben, umgekehrt und sofort mit der Periostschicht gegen außen wieder eingelegt. Dadurch kommt gesunde Spanspongiosa auf die Pseudarthroselinie zu liegen. Die Pseudarthroselinie des Spanes liegt umgekehrt auf gesunder Lagerspongiosa. Brun gestaltete bei der Spanentnahme die proximale und distale Fläche des Spanendes schräg, falzartig gegen innen divergierend, so daß der Span in den Lagerknochen nur seitlich eingeschoben werden konnte und durch diese Einkeilung schon eine gewisse Fixation erhielt. An der Tibia verzichtet er auf weitere Fixation mit Drahtschlingen. Er empfahl ferner, den Span mit allseitig etwas übergreifendem Periost zu entnehmen und den Span nach der Umkehr mit Einzelknopfnähten am Lagerperiost zu fixieren.

Schematisch ist der Eingriff in den folgenden, aus der Originalarbeit von Brun entnommenen zwei Skizzen dargestellt.



Brun sah in der breiten Eröffnung der abgedeckelten Markhöhlen einen wesentlichen Faktor der Pseudarthrosenheilung. Durch die guten, neuerlich mit der Phemister'schen Spantransplantation erzielten Resultate, bei der die Markhöhlen unberührt belassen werden, hat dieser Faktor an Wichtigkeit verloren. Brun excidierte die Pseudarthrose des Lagers und legte kleine Knochenspäne ein. Er fügte jedoch bei, daß diese Nachhilfe nicht unbedingt notwendig sei, aber die Heilung beschleunige. Die Umkehrplastik wurde von Brun zur Behandlung der Tibiapseudarthrose ohne Defekt entwickelt. Er empfahl die Methode jedoch auch zur Behandlung der Radius- und Ulnapseudarthrosen, sowie der Humerus- und Femurpseudarthrosen ohne Defekt.

Bei der Ausführung der Umkehrplastik sind die früher allgemein für die Knochen transplantationen angegebenen Grundsätze wichtig: Zunächst Schaffung von guten Zirkulationsverhältnissen im Operationsgebiet. Möglichst atraumatisches Operieren. Exakte Blutstillung. Gute Fixation des Spanes, der in flächige Berührung mit dem Lager gebracht werden soll. Die Fixation soll mit möglichst wenig Fremdkörpern vorgenommen werden. Kräftiger, genügend langer Span, (Brun) gab als zu wählende Länge das Vierfache der Dicke des pseudarthrotischen Knochens an. Während der Nachbehandlung exakte und genügend lang aufrecht erhaltene Immobilisation (für Tibia und Femur 10 bis 12 Wochen, für Vorderarm 12 bis 14 Wochen).

Die Vorteile der Umkehrplastik können wie folgt zusammengefaßt werden:

1. Der Eingriff erfordert weniger Zeit als jede autoplastische Transplantation.
2. Es muß kein anderer Knochen durch die Spanentnahme geschwächt werden. Auch bleibt zum Beispiel bei Tibiapseudarthrose die andere Tibia unberührt und es kann aus ihr bei Mißlingen der Umkehrplastik, was sehr selten eintritt, ein Span entnommen werden.
3. Der Eingriff ist für den Patienten kleiner, das Trauma geringer. Die postoperativen Beschwerden sind darnach dementsprechend ebenfalls geringer (Wenzel).
4. Relativ kurze Heilungsdauer.
5. Der isotope, autoplastische Span ist relativ anspruchslos gegen das Lager und ist gegen Infektion widerstandsfähig (Wenzel).
Der Span ist an die lokalen Zirkulations- und Infektionsverhältnisse adaptiert (Schkolnikow).
6. Der Eingriff ist technisch leicht und mit einem kleinen Instrumentarium zu bewältigen.
7. Die Heilungsaussichten bei Pseudarthrose, ohne Defekt mit der Umkehrplastik behandelt, sind groß. Auch das jahrelange Bestehen einer Pseudarthrose übt auf die endgültige Heilung keinen ungünstigen Einfluß aus.
8. Daneben gelten die für die autoplastische Transplantation angegebenen Vorteile gegenüber Homoio- und Heteroplastik für Umkehrplastik um so mehr, als der Span sofort nach der Entnahme wieder eingesetzt werden kann und dadurch am vitalsten ist.

Verwandt mit der *Brun'schen* Umkehrplastik ist die *Verriegelung* nach *Lexer*. Bei der Verriegelung wird das Transplantat zur Überbrückung der Pseudarthrose ebenfalls aus der Nachbarschaft der Pseudarthrose bezogen, und zwar proximal oder distal im möglichst knochengesunden Gewebe. In dem der Spanentnahme gegenüberliegenden Fragmentabschnitt wird dann eine dem Span in der Breite entsprechende Rinne geschaffen und der Span wie ein Riegel über die Pseudarthrose geschoben und fixiert. Der Nachteil besteht darin, daß das pseudarthrosengewebe-tragende Spanende an den angefrischten Lagerknochen zu liegen kommt und dadurch die knöcherne Vergießung am funktionell wichtigen Ort des Spanendes verzögert wird (Wenzel).

Die an der chirurgischen Abteilung des Kantonsspitals ausgeführten Umkehrplastiken wurden mit unbedeutender technischer Abweichung vom Originalverfahren nach *Brun* ausgeführt. Der periostbedeckte Span wurde mit dem Meißel entnommen nach Anbringung einer Reihe von Bohrlöchern mit dem Handbohrer am Spanumfang (Brun: dünne Stichsäge, flacher Lexermeißel).

Die Spanenden wurden nicht schräg falzartig, sondern gerade gestaltet. Die Fixation des Spanes erfolgte auch an der Tibia in der Regel mit 2 Drahtschlingen. Nur ausnahmsweise wurden 3 Drähte gebraucht. Die Operationswunde

wurde primär geschlossen (Brun, Drainage für 24 Stunden). Die Pseudarthrosestelle des Lagers wurde nie excidiert. Die Indikationsstellung der Umkehrplastik wurde auf die Malleolarpseudarthrosen ausgedehnt.

Übersicht über die 43 mit der Umkehrplastik behandelten Fälle von 1942 bis 1954 (Juni).

Fall 1

Beginnende Humeruspseudarthrose.

51jährige Patientin, Humerusschaftbruch rechts im mittleren Drittel. Zunächst Extensionsbehandlung mit Olecranonkirschner. Da dadurch keine gute Fragmentstellung erreicht werden kann, wird nach 6 Tagen blutig reponiert und die Querfraktur durch Lane'sche Platte fixiert. Die Röntgenaufnahmen nach 3 Monaten zeigen durchgehend offenen Frakturspalt mit spärlicher Callusbildung bei Osteoporose beider Fragmente und leichter Sklerose des distalen Fragmentendes. Es besteht somit verzögerte Konsolidation und beginnende Pseudarthrosenbildung. Daher Umkehrplastik, 3 1/2 Monate nach dem Unfall. Der postoperative Verlauf ist ohne Chemotherapieschutz, komplikationslos. 10 1/2 Wochen nach Umkehrplastik wird die Gipsfixation aufgehoben. 3 1/2 Monate nach der Umkehrplastik erweist sich der Humerus als röntgenologisch konsolidiert und klinisch fest. Nach 1/4 Jahr kann am rechten Oberarm wieder leichte Fede rung nachgewiesen werden. Der Arm wird deshalb nochmals für 3 Monate auf Abduktionsschiene fixiert. Röntgenbilder 1 Jahr nach der Umkehrplastik zeigen festen Humerus bei röntgenologisch nicht mehr erkennbarem Transplantat.

Fall 2

Infizierte Humeruspseudarthrose.

51jähriger Mann. Straßenunfall. Schädelfraktur, Scapulafraktur links, Rippenfrakturen und Humerusquerfraktur in Schaftmitte links. Zunächst Extensionsbehandlung mit Olecranonkirschner, dann Cerclage mit Drahtschlingen und einem Tibiaspan. Wegen Radialisparese, Revision. Der nicht durchtrennte Nerv wird aus der Narbe gelöst und der Tibiaspan nach Behebung der Fragmentdiastase erneut mit Drahtschlingen fixiert. Anschließend Wundinfektion mit fistelnder Osteomyelitis. Die Drahtschlingen und dazu der durch die Osteomyelitis arrodierte Tibiaspan werden entfernt. Die Fistelung dauert an, bis sich ein kleiner Sequester ausstößt. Wegen Humeruspseudarthrose wird eine Umkehrplastik ausgeführt (44 Wochen nach dem Unfall). Der postoperative Verlauf ist unter Penicillinschutz komplikationslos. Nach der Operation wird die Fixation auf Abduktionsschiene 22 Wochen aufrechterhalten. *Röntgenbilder*

7 Monate nach der Umkehrplastik zeigen *Konsolidation der Humeruspseudarthrose*. Der Span ist beidseits gut mit dem Lager verschmolzen und kaum mehr als solcher zu erkennen. Der Patient wird uns 10 Monate nach der Umkehrplastik, wegen *Refraktur* des Humerus links erneut zugewiesen. Die Röntgenbilder zeigen frische Fraktur im sklerotisch veränderten Humerusknochen im Bereiche der alten Umkehrplastik. Von der vorgängig durchgeführten Umkehrplastik sind keine Einzelheiten mehr zu erkennen. Die Fraktur ist unseres Erachtens als *Ermüdungsfraktur* aufzufassen. Der Patient gibt an, daß er einen Monat vor der Refraktur mit der Arbeit angefangen hätte. Er hätte täglich laufend Lasten von 2 bis 6 kg auf eine Höhe von ca. 2 m heben müssen. Diese Bewegung hätte er unzählige Male im Tag durchgeführt. Bei einer solchen Bewegung brach ihm der linke Oberarm plötzlich entzwei, ohne daß er vorher Schmerzen verspürt hätte. Der Dauerbeanspruchung von einem Monat war der noch funktionell schlecht angepaßte und relativ ungenügend vaskularisierte, sklerotische Knochen noch nicht gewachsen. Als weitere Folge der Refraktur tritt erneut eine Pseudarthrose auf. Die Pseudarthrose wird diesmal mit einem Tibiaspan zur Konsolidation gebracht.

Fall 3

Humeruspseudarthrose.

66jähriger Mann gerät mit dem linken Arm in einen Transmissionsriemen. Er zog sich dabei eine offene Humerussplinterfraktur links am Übergang vom mittleren zum distalen Drittel des Schaftes und eine Radiusplinterfraktur, ebenfalls am Übergang vom mittleren zum distalen Schaftdrittel zu. Die Radiusfraktur konsolidiert nach Marknagelung. Die Humerusfraktur wird zunächst mit Olecranonkirschner-Extension behandelt. Da es nicht gelingt, eine befriedigende Fragmentstellung mit der Extensionsbehandlung allein zu erzielen, wird blutig reponiert und mit einer Lane'schen Platte fixiert. Die Röntgenbilder zeigen nach 3½ Monaten noch offenen Frakturspalt bei beginnender Sklerose der Bruchenden und deutlicher Fragmentdiastase. Die Lane'sche Platte wird entfernt und es wird eine Marknagelung des Humerus durchgeführt. Durch die Marknagelung wird eine gute Achse und eine gute Fragmentstellung erzielt. Nach sieben Monaten werden die Marknägel am Radius und Humerus entfernt. Die Fraktur des Humerus erweist sich in der Folge als noch nicht konsolidiert und es entwickelt sich eine deutliche *Pseudarthrose*. Umkehrplastik 15 Monate nach dem Unfall. Der postoperative Verlauf ist ohne Chemotherapieschutz komplikationslos. Die fixierende Abduktionsschiene wird 11½ Wochen nach durchgeführter Umkehrplastik entfernt. Die Röntgenbilder zeigen mäßige Callusverbindung des eher schwachen und kurzen Umkehrspanes mit dem Lager. Am proximalen Ende des Umkehrspanes ist eine leichte Aufhellung zu erkennen. Erneute Röntgenkontrollen, die erst wieder 8 Jahre nach der Umkehrplastik

durchgeführt werden, zeigen erneut eine Pseudarthrose, die sich *am Ort des proximalen Spanendes* ausgebildet hat. Klinisch kann geringe, falsche Beweglichkeit nachgewiesen werden.

Fall 4

Beginnende Radiuspseudarthrose.

49jähriger Landwirt, Pferdebiß am rechten Vorderarm, offene schrägverlaufende Radiusfraktur am Übergang vom mittleren zum distalen Drittel. Reposition und Cerclage. Postoperativer Verlauf unter Penicillin-Streptomycin-Schutz komplikationslos. 13 Wochen nach dem Unfall ist der Frakturspalt noch offen, bei fast völlig fehlender Callusbildung. Deshalb Umkehrplastik, 16 Wochen nach dem Unfall. Der postoperative Verlauf ist unter Chemotherapieschutz erneut störungsfrei. Gipsfixation für 18 Wochen. Röntgenkontrollen, 13 Monate nach der Umkehrplastik zeigen solid geheilte Fraktur des Radius. Der Umkehrspan ist nicht mehr zu erkennen.

Fall 5

Radiuspseudarthrose.

50jähriger Mann, infolge Verschüttung doppelte Vorderarmfraktur. Die Frakturbehandlung erfolgt auswärts. Während dem die Ulna konsolidiert, entsteht am Radius eine Pseudarthrose, weshalb eine Umkehrplastik ausgeführt wird, 7¹/₂ Monate nach dem Unfall. Postoperativer Verlauf komplikationslos. Die Gipsfixation wird verhältnismäßig lang, d. h. 26 Wochen nach der Umkehrplastik aufrechterhalten. Die Röntgenaufnahmen 9 Monate nach der Umkehrplastik zeigen weitgehende Einheilung des Spanes, der zum größten Teil umgebaut ist. Der alte Pseudarthrosespalt ist weitgehend durch Knochengewebe ausgefüllt.

Fall 6 plus 16

Radius- und Ulnapseudarthrose.

33jähriger Mann, doppelte quere Vorderarmschaftfraktur, infolge Straßenunfall. Blutige Reposition durch Marknagelung der Radiusfraktur. Die dadurch erzielte Fragmentstellung und Achse an Radius und Ulna ist sehr gut. Fixationsdauer 11 Wochen. Wegen Schmerzen und falscher Beweglichkeit an der Ulna werden Röntgenkontrollen (nach 3 Monaten) veranlaßt, die eine Pseudarthrose der Ulna aufdecken. Daher Umkehrplastik 4 Monate nach dem Unfall. Die Gipsfixation wird nach der Umkehrplastik 12 Wochen aufrechterhalten. Pseudarthrosespalt des Lagers nach 2 Monaten noch knapp erkennbar. Der Umkehrspan ist als solcher nicht mehr zu erkennen. Nach Entfernung des Radius-Marknagels, nach 5 Monaten, treten allmählich Schmerzen an der Frakturstelle auf und es stellt sich falsche Beweglichkeit ein. Die Röntgenkontrolle zeigt quer

durchgehend offenen Pseudarthrosespalt bei Sklerose der Fragmente. Diesmal Umkehrplastik am Radius (15 Monate nach dem Unfall). Die Pseudarthrose an der Ulna kann zu dieser Zeit als geheilt bezeichnet werden. Postoperativer Verlauf nach beiden Eingriffen unter Chemotherapieschutz komplikationslos. 10 Wochen nach der Umkehrplastik am Radius Entfernung des Gipsverbandes. Röntgenkontrollen knapp nach Entfernung des Gipsverbandes zeigen weitgehende Verschmelzung des Umkehrspanes mit dem Lager. Der Pseudarthrosespalt am Lager und am Umkehrspan verwaschen sichtbar. 3 Jahre nach der Umkehrplastik ist im Röntgenbild immer noch ein schmaler Pseudarthrosespalt zu erkennen, der sich im Vergleich mit den früheren Aufnahmen entlang des Pseudarthrosenspaltes, des Lagers und des Spanes entwickelt hat. Eine weitere Röntgenkontrolle, 5 Jahre nach der Umkehrplastik, läßt immer noch einen feinen Pseudarthrosespalt am Ort der Umkehrplastik erkennen. An der volaren Seite ist er durch fraglich feste Knochenmassen überbrückt. Der Patient ist seit $1\frac{1}{2}$ Jahr beschwerdefrei. Klinisch kann im Bereiche der Radiusumkehrplastik keine falsche Beweglichkeit nachgewiesen werden. Der Fall wird, obwohl klinisch fest, unter die Mißerfolge gezählt, da röntgenologisch noch Verdacht auf das Weiterbestehen einer Pseudarthrose besteht.

Fall 7 und 17

Radius- und Ulnapseudarthrose.

27jähriger Mann, Straßenunfall. Doppelte Vorderarm-Querfraktur im Schaftabschnitt. Nach mehrmaligen Repositionsversuchen im Ausland wird blutig reponiert und durch dünne Metallmarknägel fixiert. Nach 7 Monaten Pseudarthrose am Radius und an der Ulna. Zunächst Umkehrplastik an der Ulna. Nach 4 Monaten Umkehrplastik am Radius, da weiterhin eine Pseudarthrose am Radius bestand. Die Gipsfixation wird $12\frac{1}{2}$ Wochen nach der Umkehrplastik am Radius aufgegeben. An der Ulna sind es 27 Wochen nach der Umkehrplastik. Die Ulnapseudarthrose ist zu diesem Zeitpunkt bei der Entfernung des Gipsverbandes schon gut konsolidiert. Am Radius ist der Umkehrspan weitgehend umgebaut und durch Callus mit dem Lager verbunden. 4 Jahre nach der Umkehrplastik zeigen die Röntgenbilder vollständige Konsolidierung von Radius- und Ulnapseudarthrose. Am Radius hat sich die Achsenknickung im Vergleich mit der Zeit nach der Entfernung des Gipsverbandes noch etwas vermehrt. Offenbar wurde hier die Gipsfixation etwas zu früh aufgegeben ($12\frac{1}{2}$ Wochen nach der Umkehrplastik).

Fall 8

Radiuspseudarthrose.

48jähriger Mann geriet mit dem linken Vorderarm in eine Kartongebearbeitungsmaschine. Doppelte Vorderarmfraktur im Schaftbereich. Die Fraktur kann am

Unfalltag reponiert und fixiert werden. Röntgenkontrollen zeigen gute Achse und Fragmentstellung. Gipsfixation bis 15 Wochen nach dem Unfall. Nach 6 Monaten zunehmende Schmerzen an der Radiusbruchstelle. Röntgenaufnahmen nach 1 Jahr zeigen deutliche Pseudarthrose im Bereiche der Radiusfraktur, daher Umkehrplastik, 14 Monate nach dem Unfall. Der postoperative Verlauf ist ohne Chemotherapie komplikationslos. Die Gipsfixation wird 11 Wochen nach der Umkehrplastik aufgegeben. Das Röntgenbild zeigt beidseitige Callusverbindung am Span. Der Pseudarthrosespalt beginnt sich knöchern durchzubauen. 4 1/2 Jahre nach der Umkehrplastik ist röntgenologisch von der Pseudarthrose und dem Span im Röntgenbild nichts mehr zu erkennen. Der Radius hat weitgehend wieder seine anatomische Struktur erhalten.

Fall 9

Radiuspseudarthrose.

48jähriger Mann geriet mit dem linken Arm in eine Transmission und zog sich eine offene Radius- und Ulnaschaftfraktur links zu. Die Frakturen werden am Unfalltage versorgt, am Radius durch Marknagelung und an der Ulna durch Drahtung. Der postoperative Verlauf ist komplikationslos. Der Gipsverband wird 9 1/2 Wochen nach dem Unfall, der Marknagel nach 4 1/2 Monaten entfernt. Nach der Entfernung des Marknagels Schmerzen an der Frakturstelle. Dazu kann falsche Beweglichkeit nachgewiesen werden. Das Röntgenbild zeigt Radiuspseudarthrose. Umkehrplastik (5 Monate nach dem Unfall). Der postoperative Verlauf ist unter Chemotherapieschutz komplikationslos. Die Gipsfixation wird 13 1/2 Wochen lang aufrechterhalten. Röntgenbilder, 5 Jahre nach durchgeführter Umkehrplastik zeigen anatomische Heilung der Radiusfraktur.

Fall 10

Ulnapseudarthrose.

58jähriger Mann, Straßenunfall. Erleidet eine geschlossene Schrägfraktur der Ulna am Übergang vom proximalen zum mittleren Drittel. Der Patient wird vom Hausarzt 8 Wochen mit volarer Vorderarmgipsschiene behandelt und dann ohne Fixation gelassen. In der Folge entstehen an der Frakturstelle bei der Arbeit Schmerzen. Eine Röntgenkontrolle nach 11 Monaten zeigt eine Ulnapseudarthrose. Die Umkehrplastik wird 1 Jahr nach dem Unfall vorgenommen. Der postoperative Verlauf ist unter Penicillin-Streptomycinschutz komplikationslos. Die Gipsfixation wird 14 1/2 Wochen nach der Umkehrplastik beendet. 4 Monate nach der Umkehrplastik ist der Umkehrspan allseits von reichlich Callus umgeben. Nach 6 1/2 Monaten ist die Pseudarthrose geheilt. Der Umkehrspan ist kaum mehr erkennbar.

Fall 11

Ulnapseudarthrose.

58jähriger Landwirt verunfallte durch Sturz aus 4 m Höhe. Schwere offene Vorderarmfraktur links. Die Ulna ist am Übergang vom proximalen zum mittleren Drittel quer frakturiert und dazu besteht eine Luxation der Ulna im Ellbogengelenk. Daneben ist das Radiusköpfchen frakturiert. Die breit offene Wunde und die Knochen sind stark durch Lehm verschmutzt. Am Unfalltag wird das Radiusköpfchen blutig reponiert und durch Kirschnermarknagel fixiert. Die Ulnafraktur wird durch eine Chromcatgutschlinge fixiert. Unter Chemotherapieschutz mit Penicillin-Streptomycin heilt die Wunde p. p. Später disloziert die Ulnafraktur, so daß nach 2 Wochen eine Marknagelung der Ulna durchgeführt wird. Der Ulnamarknagel wird nach 4 Monaten wegen Durchstechen der Haut über dem Olecranon entfernt. Eine Röntgenkontrolle, 5 Monate nach dem Unfall zeigt, daß der Frakturspalt noch weit offen ist und die Fragmentenden beginnen zu sklerosieren. Umkehrplastik. Unter Chemotherapieschutz ist der postoperative Verlauf komplikationslos. Die Gipsfixation wird 15 1/2 Wochen nach der Umkehrplastik aufgegeben. Die Röntgenkontrollen 1 Jahr nach der Umkehrplastik zeigen, daß die Ulnafraktur vollständig geheilt ist. Das Transplantat ist nicht mehr zu erkennen.

Fall 12

Beginnende Ulnapseudarthrose.

Offene Ulnaquerfraktur am Übergang vom proximalen zum mittleren Drittel, infolge Arbeitsunfall. Reposition und Marknagelung. Marknagel wird 7 Wochen nach der Nagelung entfernt. Röntgenaufnahmen nach 2 Monaten zeigen beginnende Pseudarthrosenbildung mit offenem Bruchspalt und leichter Sklerosierung der Fragmentenden. 12 1/2 Monate nach dem Unfall Umkehrplastik an der Ulnafraktur. Der postoperative Verlauf ist mit Penicillin- und Streptomycinschutz komplikationslos. Der Gipsverband wird 21 Wochen nach der Umkehrplastik entfernt. Die Röntgenkontrolle, 14 Monate nach der Umkehrplastik zeigt anatomische Heilung der Ulnafraktur.

Fall 13

Beginnende Ulnapseudarthrose.

21jähriger Mann. Geriet mit dem rechten Vorderarm in eine Auswindmaschine. Offene, doppelte Vorderarmschaftfraktur. Die Frakturen werden auswärts behandelt. Durch Gipsfixation kommt der Radius zur Ausheilung, währenddem sich an der Ulna eine Pseudarthrose anbahnt. Ein Röntgenbild nach 3 Monaten zeigt beginnende Sklerosierung der Fragmentenden an der Ulna bei fast vollständig fehlender Callusbildung. Umkehrplastik 3 Monate nach dem Unfall.

Der postoperative Verlauf ist unter Penicillin-Streptomycin-Chemotherapieschutz störungsfrei. Die Gipsfixation des rechten Vorderarmes wird 16 Wochen aufrechterhalten. 6 Monate nach der Umkehrplastik ist der Umkehrspan schon weitgehend in das Lager eingebaut und kaum mehr sichtbar. 3 1/2 Jahre nach der Umkehrplastik ist die Ulna im Bereiche der alten Fraktur beinahe anatomisch geheilt.

Fall 14

Ulnapseudarthrose.

41jährige Frau. Straßenunfall. Bricht den rechten Vorderarm doppelt an Radius und Ulna, am Übergang vom mittleren zum distalen Drittel. Reposition, Gipsverband. Die Reposition gelingt in idealer Achsen- und Fragmentstellung. Spätere Röntgenbilder zeigen jedoch, daß sich die Frakturen erneut disloziert haben. Nach 2 Wochen wird die Ulna durch Marknagelung fixiert. Die Radiusfraktur kommt dabei in gute Fragmentstellung. 2 1/2 Monate nach der Nagelung wird der Nagel entfernt. Die Gipsfixation wird nach 13 Wochen weggenommen. Bei der Arbeitsaufnahme nach 7 Monaten stärkere Schmerzen im Bereiche des rechten Vorderarmes. Die Kraft in der Hand war deutlich herabgesetzt. Umkehrplastik 9 Monate nach dem Unfall wegen Ulnapseudarthrose. Der postoperative Verlauf ist komplikationslos. Die Wunde heilt p. p. Der Gips wird 11 Wochen nach der Umkehrplastik entfernt. Die letzte Röntgenkontrolle, 5 Monate nach Umkehrplastik, zeigt, daß die Pseudarthrose geheilt ist. Der Umkehrspan ist größtenteils eingewachsen und kaum mehr als solcher zu erkennen.

Fall 15

Ulnapseudarthrose.

25jähriger Mann. Straßenunfall. Ulnasplitterfraktur links im proximalen Drittel mit einer Luxation des Radiusköpfchens im Ellbogengelenk. Die Fraktur wird am Unfalltage blutig reponiert und durch Marknagel und Drahtschlingen fixiert. 8 Wochen nach dem Unfall wird die Gipsfixation weggelassen. Die Röntgenkontrolle zeigt eine gute Fragmentstellung und anscheinend durchgehenden endostalen Callus. Nach 3 Monaten wird der Marknagel durch den Hausarzt entfernt. Erneute Hospitalisation wegen Schmerzen an der Frakturstelle und nachweisbarer falscher Beweglichkeit. Bei der Röntgenkontrolle kommt eine deutliche Pseudarthrose mit durchgehend offenem Pseudarthrosespalt und beginnender Sklerose der Fragmentenden zur Darstellung. Die proximale Drahtschlinge liegt partiell im Pseudarthrosespalt. Umkehrplastik 4 Monate nach dem Unfall. Der postoperative Verlauf ist ohne Chemotherapieschutz komplikationslos. Die Gipsfixation wird 18 Wochen nach der Umkehrplastik aufgegeben. 2 1/2 Monate nach der Umkehrplastik ist im Röntgenbild eine Spanfraktur er-

kennbar. Der proximale Spananteil weist dabei schon gute Callusverbindung mit dem Lager auf. 13 Monate nach der Umkehrplastik erneute Pseudarthrose; die sich entlang des Pseudarthrosespalt des Lagers und entlang der Frakturlinie im Span entwickelt hat. Eine weitere Röntgenkontrolle, die 5 Jahre nach der Umkehrplastik aufgenommen wurde, zeigt Weiterbestehen der Pseudarthrose. Der ehemals breite Pseudarthrosespalt hat sich allerdings zu einem sehr schmalen Spalt umgebildet.

Fall 18

Ulnapseudarthrose.

47jähriger Mann. Motorradunfall. Vorderarmfraktur Ulna und Radius ca. in Schaftmitte. Die Ulna ist auf kurze Strecke doppelt frakturiert. Reposition und Gipsverband. Die Röntgenkontrollen ergeben gute Achse und Fragmentstellung. Die Gipsfixation wird 19 $\frac{1}{2}$ Wochen lang aufrechterhalten. Wegen Schmerzen klinisch falscher Beweglichkeit an der Ulna, wird 6 Monate nach dem Unfall eine Röntgenkontrolle veranlaßt, die offenen Frakturspalt bei Sklerosierung der Fragmentenden an der distalen Ulnafraktur zeigt. Umkehrplastik 6 Monate nach dem Unfall. Der postoperative Verlauf ist komplikationslos. Die Gipsfixation wird 11 Wochen nach der Umkehrplastik entfernt. Röntgenbilder zeigen geheilte Fraktur der Ulna. Der Umkehrspan ist weitgehend in das Lager eingebaut und umgebaut. Die Röntgenbilder 5 Jahre nach der Umkehrplastik zeigen anatomische Konsolidierung der Ulnafraktur. Der Ort der Umkehrplastik ist noch durch vermehrte Sklerosierung des Knochens und durch die Lage der noch sitzenden Drahtschlingen zu erkennen.

Fall 19

Femurpseudarthrose.

63jähriger Zugführer. Wird von einem Eisenbahnwagen am linken Oberschenkel angefahren und bricht den linken Femur am Übergang vom mittleren zum distalen Drittel.

1 Jahr nach dem Unfall kann der Patient wegen stärkeren Schmerzen im Oberschenkel kaum gehen. Die Fraktur weist falsche Beweglichkeit auf. Das Röntgenbild zeigt muffartige periostale Callusbildung, die durch Aufhellungszone und mehrere darinliegende Drahtschlingen unterbrochen ist. Die Fragmentenden sind sklerotisch verändert. Wegen der bestehenden Pseudarthrose wird 1 Jahr nach dem Unfall eine Umkehrplastik ausgeführt. In gleichem Eingriff werden die im Pseudarthrosespalt liegenden Drahtschlingen entfernt. Der postoperative Verlauf ist komplikationslos. Das Bein wird durch Schienenlagerung und Extension am Tuberositaskirschner ruhiggestellt. 11 $\frac{1}{2}$ Wochen nach der

Umkehrplastik wird mit Belastung des linken Beines begonnen. Nach 6 Monaten ist der Umkehrspan röntgenologisch noch knapp sichtbar. Die Pseudarthrose ist geheilt. Nach 5 Jahren ist der anatomische Umbau noch nicht vollständig. Der Knochen ist an der alten Frakturstelle noch stärker knollig aufgetrieben. Die Spanstelle ist immer noch angedeutet, jedoch besteht solide Konsolidation der Pseudarthrose durch feste Knochenmassen. Der Patient verspürt an der Frakturstelle keine Schmerzen mehr.

Fall 20

Tibiapseudarthrose.

62jährige Frau. Straßenunfall. Offene Unterschenkelfraktur rechts. Die Patientin wird auswärts während 4 Monaten mit Extension und anschließend noch 3 Monate mit Liegegips und Gehgips behandelt. Nach der Entfernung des Gipsverbandes bestehen dauernd Schmerzen an der Frakturstelle. 11 Monate nach dem Unfall kann falsche Beweglichkeit an der Frakturstelle festgestellt werden. Im Röntgenbild ist der Bruchspalt noch breit offen und die Fragmentenden, namentlich das distale, deutlich sklerosiert. 1 Jahr nach dem Unfall wird eine Umkehrplastik vorgenommen, nachdem durch Voroperation die stark über der Fraktur eingezogene Narbe excidiert wurde. Der postoperative Verlauf ist unter Penicillin-Streptomycin-Chemotherapieschutz komplikationslos. Die Gipsfixation wird nach 18 Wochen entfernt. Die Röntgenbilder 5 Monate nach der Umkehrplastik zeigen Heilung der Pseudarthrose. Der Umkehrspan ist kaum mehr als solcher zu erkennen. Nach weiteren 4 Wochen ist die Heilung durch Zunahme der Knochendichtigkeit noch weiter fortgeschritten.

Fall 21

Beginnende Tibiapseudarthrose.

40jähriger Landwirt. Durch Sturz, Tibia- und Fibulafraktur schräg am Übergang vom mittleren zum distalen Drittel. Nach Anlegung eines Calcaneuskirschners wird die Fraktur gleichentags reponiert und durch Gipsverband fixiert. In der Folge muß die Fragmentachse durch Keilung mehrmals korrigiert werden. Da die Fraktur nach 4 Monaten immer noch federt, wird eine Fibulatomie vorgenommen. Röntgenbilder zeigen beinahe keine Callusbildung, weder periostal noch endostal. Die Fragmentenden sind noch nicht sklerosiert. Umkehrplastik 5 Monate nach dem Unfall. Verlauf nach der Operation ist ohne Chemotherapieschutz ungestört. 12½ Wochen nach der Umkehrplastik Gehgipsverband. 20 Wochen nach der Umkehrplastik wird die Gipsfixation entfernt. 1½ Jahre nach der Umkehrplastik ist die Fraktur durch feste Knochenmassen fest konsolidiert. Der Umkehrspan ist nicht mehr zu erkennen.

Fall 22

Tibiapseudarthrose.

21jähriger Mann. Straßenunfall. Offene Unterschenkelquerfraktur links in Schaftmitte. Die Fraktur wird am Unfalltag nach Anlegung eines Calcaneuskirschners reponiert und durch Gipsverband fixiert. Wegen fehlender Callusbildung wird nach 10 Wochen fibulatomiert. Nach 4 Monaten ist der Frakturspalt noch offen und die Fragmentenden sind deutlich sklerosiert. Umkehrplastik 20 Wochen nach dem Unfall. Der postoperative Verlauf ist durch eine mäßig starke Wundinfektion kompliziert. Nach der Operation wurden keine Chemotherapeutica verabreicht. 4 1/2 Monate nach der Umkehrplastik werden bei geringer Fistelung 3 kleine Sequester ausgestoßen. Der Gipsverband wird 15 Wochen nach der Umkehrplastik entfernt. Bei der Spitalentlassung, 7 Monate nach der Umkehrplastik, findet noch geringe Sekretion statt, das Röntgenbild zeigt, daß der Umkehrspan zum größten Teil durch festen Callus mit dem Lager verbunden ist und sich weitgehend umgebaut hat. Die sequestrierte Partie beschränkt sich auf gut Kirschgröße im proximalen Spananteil. 2 1/2 Jahre nach der Umkehrplastik ist die Heilung an der Tibia anatomisch mit wiederhergestellter Kortikalis und Markhöhle.

Fall 23

Tibiapseudarthrose.

53jährige Frau bricht sich durch Ausgleiten den rechten Unterschenkel. Es besteht Tibia-Fibulatorsionsfraktur, an der Tibia an typischer Stelle am Übergang vom mittleren zum distalen Drittel. Blutige Reposition und Cerclage auswärts. Die Gipsfixation wird 12 Wochen lang nach der Cerclage aufrecht erhalten. Nach Entfernung des Gipsverbandes immer Schmerzen an der Frakturstelle. Die Patientin wird 2 1/2 Jahre nach dem Unfall wegen Tibiapseudarthrose zur Umkehrplastik hospitalisiert. Der postoperative Verlauf ist unter Chemotherapieschutz komplikationslos. 8 1/2 Wochen nach der Umkehrplastik Gehgipsverband. Die Gipsfixation wird nach 19 Wochen aufgegeben. Röntgenkontrollen 10 Monate nach der Umkehrplastik zeigen, daß der Umkehrspan mit der Umgebung überall mit Callus verbunden ist. Die Pseudarthrose im Span und im Lager ist geheilt.

Fall 24

Tibiapseudarthrose.

25jähriger Mann. Motorradunfall. Offene Unterschenkelsplitterfraktur etwas unterhalb der Schaftmitte. Anlegung eines Calcaneuskirschners, Gipsverband. Nach 9 1/2 Wochen Gehgipsverband. Wegen verzögerter Callusbildung wird nach 4 Monaten fibulatomiert. Nach 6 Monaten wird eine U-Schiene angelegt, die

aber nach 1 Woche wegen stärkerer Federung wieder durch einen Gehgipsverband ersetzt wird. Nach 8 Monaten ist die Fraktur noch nicht konsolidiert. Die Bruchenden, namentlich das distale, sind sklerosiert bei beinahe fehlender Callusbildung. Umkehrplastik 35 Wochen nach dem Unfall. Der postoperative Verlauf ist unter Penicillinschutz komplikationslos. 8 1/2 Wochen nach der Umkehrplastik steht der Patient mit Gehgipsverband auf. 15 Wochen nach der Umkehrplastik wird die Gipsfixation aufgegeben. Die Röntgenkontrollen 5 1/2 Jahre nach der Umkehrplastik zeigen, daß die Fraktur beinahe anatomisch geheilt ist, mit weitgehender Rekonstruktion der Markhöhle und der Kortikalis.

Fall 25

Tibiapseudarthrose.

21jähriger Mann. Offene Tibiasplinterfraktur am Übergang vom mittleren zum distalen Drittel infolge Motorradunfall. Gleichentags wird ein zirkulärer Gipsverband angelegt, der primär gespalten wird in Kombination mit Calcaneuskirschnerextensionsbehandlung. Die Röntgenbilder 5 Monate nach dem Unfall zeigen keine Callusbildung bei beginnender Sklerosierung der Bruchflächen. Daher Umkehrplastik. Der postoperative Verlauf ist unter Penicillin-Streptomycinschutz komplikationslos. Die Gipsfixation wird 15 1/2 Wochen nach der Umkehrplastik aufgegeben. 6 Monate nach der Umkehrplastik ist der Umkehrspan gut mit Callus im Lager verbunden. Die Tibiafraktur ist klinisch und röntgenologisch geheilt.

Fall 26

Tibiapseudarthrose.

29jähriger Mann. Offene Tibiasplinterfraktur in Schaftmitte infolge Sturz mit Fahrrad. Die Fraktur wird gleichentags nach Wundversorgung und Entfernung losgelöster Knochensplinter reponiert und durch Gipsverband fixiert. Nach 4 Wochen muß die Fraktur erneut durch perkutane Kirschnerdrahttransfixation reponiert werden. Wegen verzögerter Konsolidation wird nach 4 Monaten fibrotomiert und zugleich eine Beck'sche Bohrung an der Tibiafrakturstelle vorgenommen. Nach 13 Monaten ist die Fraktur immer noch nicht konsolidiert. In den Röntgenbildern zeigt sich ein offener Pseudarthrosespalt bei stärkerer Sklerose der Fragmentenden. Umkehrplastik 13 Monate nach dem Unfall. Postoperativ kam es, ohne daß ein Chemotherapieschutz verabreicht wurde, zur Wundinfektion. Anschließend tritt Fistelung im Operationsgebiet auf. Gipsfixation wird 8 Monate aufrecht erhalten. Nach 7 Monaten wird vorstehender nekrotischer Knochen abgemeißelt. Die Röntgenaufnahmen zeigen, daß sich ein großer Teil des Transplantates mit dem Lager verbunden hat, ohne der Infek-

tion anheimgefallen und ausgestoßen worden zu sein. Die Pseudarthrose ist in diesem Zeitpunkt schon geheilt. 2¹/₂ Jahre nach der Umkehrplastik ist der Umkehrspan nicht mehr zu erkennen. Er ist in eine feste Knochenmasse der geheilten Tibia aufgenommen.

Fall 27

Infizierte Tibiapseudarthrose.

21jähriger Mann. Geschlossene Unterschenkelfraktur rechts am Übergang vom mittleren zum distalen Drittel, infolge Dienstunfall. Die Fraktur wird auswärts mit Kirschnertransfixationsdrähten behandelt. Es kommt nachher zur Infektion und Osteomyelitis. Nach 1¹/₂ Jahren erfolgt Spitaleintritt auf unserer Abteilung, mit einer eitrig sezernierenden Tibiapseudarthrose. Röntgenologisch sind die entzündlichen Veränderungen am Knochen auf die nähere Umgebung des Pseudarthrosespaltcs begrenzt. Nach 2 Monaten wird bei noch bestehender Fistel die Umkehrplastik vorgenommen (histologisch besteht noch aktive Osteomyelitis). Am 3. Tage postop. steigt die Temperatur auf 41 Grad. Es wird nun Chemotherapie mit Pencillin eingeleitet. Die Entfieberung erfolgt innerhalb von 2 Tagen. Beim ersten Gipsverbandwechsel nach 1 Woche ist die Operationswunde klaffend eitrig sezernierend mit freiliegenden Drahtschlingen. Nach 2¹/₂ Monaten findet keine eitrige Sekretion mehr statt. Die Wunde hat sich geschlossen. Die Gipsfixation wird 13 Wochen nach der Umkehrplastik aufrechterhalten. Der Umkehrspan heilt ohne Sequestrierung ein. Nach 11¹/₂ Monaten ist die Pseudarthrose geheilt. Der Umkehrspan ist nicht mehr sichtbar und durch festen Knochen ersetzt.

Fall 28

Tibiapseudarthrose.

37jähriger Mann. Motorradunfall. Offene Unterschenkelfraktur. Der Patient wird auswärts behandelt, ¹/₂ Jahr Gipsfixation. 1 Jahr nach dem Unfall entleert sich an der Frakturstelle Eiter. Die Eitersekretion versiegt nachher wieder vollständig. Nach 2 Jahren wird eine Umkehrplastik unter gleichzeitiger Achsenkorrektur vorgenommen, bei einer Tibiapseudarthrose mit starker Varusstellung. Postoperativ wird Procain-Penicillin über 8 Tage injiziert (täglich 600 000 E.). Die Haut über dem Span wird partiell nekrotisch, so daß die Drahtschlingen teilweise freiliegen. 2 Monate nach der Umkehrplastik werden die Drahtschlingen entfernt. Nach 5 Monaten ist die Wunde geschlossen. 28 Wochen nach der Umkehrplastik wird der Gipsverband entfernt und mit der Belastung begonnen. 1 Jahr nach der Umkehrplastik ist die Pseudarthrose geheilt. Der Span ist im distalen Abschnitt noch angedeutet erkennbar.

Fall 29

Beginnende Tibiapseudarthrose.

27-jähriger Mann. Straßenunfall. Offene Ober- und offene Unterschenkelfraktur links. Der Unterschenkel ist vom mittleren zum distalen Drittel leicht schräg mit Aussprengung eines kleinen Splitters gebrochen. Die Oberschenkelfraktur wird mit Condylenkirschnerextension behandelt, die Unterschenkelfraktur mit Calcaneuskirschner. Reposition und Gipsfixation am Unfalltag. Die Oberschenkelfraktur konsolidiert durch die Extensionsbehandlung fest. Die Unterschenkelfraktur ist nach 2 1/2 Monaten noch absolut mobil, ohne Callusbildung mit beginnender Sklerosierung der Bruchfläche, deshalb Umkehrplastik, 11 Wochen nach dem Unfall. Der postoperative Verlauf ist unter Penicillin-Streptomycin-Chemotherapieschutz komplikationslos. 10 Wochen nach der Umkehrplastik wird die Gipsfixation weggelassen. Die Röntgenkontrollen nach 2 Monaten zeigen gute Verbindung des Umkehrspanes durch Callus mit dem Lager. 5 Monate nach der Umkehrplastik wird der Patient aus der Spitalbehandlung entlassen. Er ist beschwerdefrei und nimmt mit zunehmender Belastung seine Arbeit als Fuhrhalter wieder auf. Nach weiteren 5 Monaten treten plötzlich starke Schmerzen im linken Unterschenkel auf. Im Röntgenbild ist eine Fissur, die durch die Tibia durchgeht, zu erkennen, mit einer Knochenaufhellungszone entlang der Fissur (= Umbau-Zone). Es wurde bei der Fissur angenommen, daß es sich um einen Dauerbruch bei Überbeanspruchung handelt. Bei der Befragung gab der Patient an, daß er 2 Monate vorher die Arbeit in größerem Umfange aufgenommen hätte. Er hätte täglich 50 kg schwere Kohlsäcke herumgetragen, bis es zum Dauerbruch kam. Der Dauerbruch konsolidierte nach Fibulatomie und erneuter 5monatiger Gipsfixation. Die Röntgenkontrolle 2 Jahre nach der Umkehrplastik zeigt solide Konsolidierung des Dauerbruches.

Fall 30

Beginnende Tibiapseudarthrose.

28-jährige Frau. Durch Sturz auf der Treppe ist der linke Unterschenkel an der Tibia am Übergang vom mittleren zum distalen Drittel in kurzer Spirale gebrochen (4 cm). Die Fibula ist am Übergang vom proximalen zum mittleren Drittel schräg frakturiert. Die Fraktur wird blutig reponiert und mit 2 Drahtschlingen fixiert, nachdem die unblutige Reposition mißlang. 4 1/2 Wochen nach Cerclage wird ein Gehgipsverband angelegt. 7 1/2 Wochen nach der blutigen Reposition wird noch mit U-Schiene fixiert. Wegen Schmerzen an der Frakturstelle und klinisch nachweisbarer Federung muß wieder ein zirkulärer Gipsverband getragen werden. Um die Callusbildung zu fördern, wird eine Fibulatomie, 3 Monate nach dem Unfall durchgeführt, unter gleichzeitiger Entfernung

der Drahtschlingen. Nach 5 Monaten läßt sich in den Röntgenbildern eine beginnende Pseudarthrose feststellen. Der Frakturspalt ist noch offen. Die Fragmentenden beginnen zu sklerosieren. Umkehrplastik 20¹/₂ Wochen nach der Fraktur. Der postoperative Verlauf ist unter Penicillinapplikation störungsfrei. 8 Wochen nach der Umkehrplastik steht die Patientin mit Gehgips auf. 13 Wochen nach der Umkehrplastik wird die Gipsfixation weggelassen. Nach 3¹/₂ Monaten ist der Umkehrspan röntgenologisch allseits durch Callus fixiert. Der Pseudarthrosespalt im Lager und Span ist größtenteils verknöchert und kaum mehr erkennbar. Gut 5 Jahre nach der Umkehrplastik ist die Fraktur beinahe anatomisch geheilt, d. h. die Markhöhle und die Corticalis ist weitgehend rekonstruiert.

Fall 31

Beginnende Tibiapseudarthrose.

26jähriger Mann. Motorradunfall. Ober- und Unterschenkelfraktur rechts geschlossen. Die Tibia ist 12 cm unterhalb des Kniegelenkspaltes in Splintern frakturiert. Die Femurfraktur wird durch Marknagelung zur Konsolidierung gebracht, nachdem zunächst Extensionsbehandlung nicht zum Ziele führt. Die Unterschenkelfraktur wird mit Calcaneuskirschnerextension behandelt. Nach 4 Monaten ist die Unterschenkelfraktur noch beweglich. Callus nur in sehr geringem Umfange vorhanden. Der Frakturspalt noch deutlich offen. Das distale Fragment beginnt zu sklerosieren. 20¹/₂ Wochen nach dem Unfall Umkehrplastik. Trotz Penicillinapplikation tritt postoperativ eine Wundinfektion auf. 2 Wochen nach der Umkehrplastik tritt Eiter aus der Operationswunde. Die Sekretion dauert 5 Monate. 4¹/₂ Monate nach der Umkehrplastik werden die Drahtschlingen und ein ca. 3 cm langer sequestrierter Teil des Umkehrspanes entfernt, der sich im Bereiche der proximalen Drahtschlinge befand. Die Gipsfixation wird 7¹/₂ Monate nach der Umkehrplastik aufgegeben. 15 Monate nach der Umkehrplastik zeigen die Röntgenbilder gute Konsolidierung der Fraktur durch soliden Knochen, trotzdem sich der Span partiell sequestriert hat.

Fall 32

Tibiapseudarthrose.

47jähriger Mann. Unterschenkel-Splitterfraktur links am Übergang vom mittleren zum distalen Drittel infolge Arbeitsunfall. Blutige Reposition, Cerclage. Der postoperative Verlauf ist außer eines Lungeninfarktes komplikationslos. Die Gipsfixation wird 10 Wochen nach der Cerclage entfernt. Nach 4 Monaten wird der Patient aus der Spitalbehandlung entlassen. 1/2 Jahr später erfolgt erneute Hospitalisation des Patienten wegen röntgenologisch und klinisch fest-

gestellter Tibiapseudarthrose. Umkehrplastik 11 Monate nach dem Unfall. Der postoperative Verlauf ist ohne Chemotherapieschutz komplikationslos. 6 Wochen nach der Umkehrplastik geht der Patient mit einem Gehgipsverband. Die Gipsfixation wird nach 11½ Wochen entfernt. Der Span weist zu dieser Zeit allseits gute Callusverbindung auf. Die Pseudarthrose des Lagers beginnt sich zu verknöchern. 4 Jahre nach der Umkehrplastik ist die Fraktur bzw. die Pseudarthrose röntgenologisch vollständig geheilt. Der Knochen am Ort der durchgeführten Umkehrplastik ist leicht spindelig aufgetrieben. Der Spanumriß ist nicht mehr angedeutet.

Fall 33

Beginnende Pseudarthrose des Malleolus internus.

41jährige Frau. Straßenunfall. Sie bricht dabei den inneren Knöchel auf Gelenkspalthöhe und den äußeren Knöchel, 1 Querfinger über dem Gelenk. Der Talus ist leicht lateral subluxiert. Reposition und Gipsfixation der Frakturen am Unfalltage. Die Röntgenkontrollen im Gipsverband nach erfolgter Reposition zeigen einwandfreie Fragmentstellung. Die Röntgenkontrolle 1½ Monate nach dem Unfall zeigt beginnende Sklerosierung der Bruchflächen des Malleolus internus bei medial breit offenem Frakturspalt. Man entschließt sich bei der drohenden Pseudarthrose zu Umkehrplastik, die 7½ Wochen nach dem Unfall vorgenommen wird. Der postoperative Verlauf ist ohne Chemotherapieschutz komplikationslos. Die Gipsfixation wird 17½ Wochen nach der Umkehrplastik entfernt. Der Umkehrspan ist zu dieser Zeit schon allseits gut eingebaut. Der Frakturspalt ist nicht mehr ersichtlich. 13 Monate nach der Umkehrplastik ist die Fraktur des Malleolus internus solide geheilt. Der Umkehrspan ist in seinen Umrissen noch knapp erkennbar. Die Patientin ist beschwerdefrei.

Fall 34

Pseudarthrose des Malleolus internus.

38jährige Frau. Skiunfall. Bricht beide Knöchel. Die Fraktur wird auswärts mit Gewindebolzen und 3monatiger Gipsfixation behandelt. Nachher bestehen Schmerzen in der Gegend des inneren Knöchels weiterhin. Die nach 1½ Jahren veranlaßten Röntgenbilder zeigen Pseudarthrose des Malleolus internus, deshalb Umkehrplastik. Der postoperative Verlauf ist unter Chemotherapieschutz komplikationslos. 6 Wochen nach der Umkehrplastik wird ein Gehgipsverband angelegt. Die Gipsfixation wird 10 Wochen nach der Umkehrplastik beendet. Die Röntgenbilder 10 Monate nach der Umkehrplastik zeigen knöcherne Verbindung des distalen Fragmentes des Malleolus internus auf knapp die Hälfte der Fragmentbreite. Die Umrisse des Umkehrspanes sind noch knapp angedeutet.

Fall 35

Pseudarthrose des Malleolus internus.

44-jähriger Mann. Arbeitsunfall. Bimalleolärfraktur rechts ohne Luxation oder Subluxation des Talus. Die Reposition der Fraktur, die am Unfalltage vorgenommen wird, gelingt gut. Fixation durch Unterschenkel-Liegegipsverband. 6 Wochen nach der Gipsfixation wird der Gipsverband entfernt und mit schonender Belastung begonnen. In der Folge treten immer mehr Schmerzen, lokalisiert im Bereiche des innern Knöchels, auf. Eine Röntgenaufnahme zeigt eine deutliche Pseudarthrose des Maleolus internus auf Gelenkspalthöhe mit Sklerose der Bruchflächen. Umkehrplastik am innern Knöchel, 4 Monate nach dem Unfall. Der postoperative Verlauf ist komplikationslos. 6^{1/2} Wochen nach der Umkehrplastik wird ein Gehgipsverband angelegt. Die Gipsfixation wird 11^{1/2} Wochen nach der Umkehrplastik aufgehoben. Röntgenbilder 8^{1/2} Monate nach der Umkehrplastik zeigen vollständige Heilung der Pseudarthrose. Der Umkehrspan ist allseits mit dem Spanbett verschmolzen. Der alte Pseudarthrose-spalt im Transplantat ist noch knapp sichtbar.

Fall 36

Pseudarthrose des Malleolus internus.

34-jährige Frau. Bimalleolärfraktur infolge Sturz. Reposition und Gipsverband am Unfalltag. Röntgenaufnahmen nach 2^{1/2} Monaten zeigen eine Pseudarthrose des Malleolus internus. Das distale Fragment ist deutlich sklerotisch. Die Callusbildung fehlt beinahe vollständig, deshalb wird Umkehrplastik ausgeführt. Der postoperative Verlauf ist unter Penicillin-Streptomycinschutz komplikationslos. 4 Wochen nach der Umkehrplastik wird ein Gehgipsverband angelegt. 11^{1/2} Wochen nach der Umkehrplastik wird der Gipsverband entfernt. Die Röntgenkontrollen 10^{1/2} Monate nach der Umkehrplastik zeigen Heilung der Pseudarthrose. Der Umkehrspan ist nicht mehr erkennbar.

Fall 37

Beginnende Pseudarthrose des Malleolus internus.

57-jährige Frau. Trimalleolärfraktur infolge Sturz. Reposition und Gipsverband am Unfalltag. Gute Fragmentstellung, mit Ausnahme einer Fragmentdiastase von ca. 2 mm am Malleolus internus. Röntgenaufnahmen 1^{1/2} Monate nach dem Unfall zeigen schon deutliche Sklerosierung der Fragmentenden am Malleolus internus bei namentlich gegen medial zu ausgeprägter Fragmentdiastase. Die Umkehrplastik wird ausgeführt. Der postoperative Verlauf ist unter Penicillin-Streptomycin-Chemotherapieschutz komplikationslos. Die Gipsfixation wird 14 Wochen nach der Umkehrplastik beendet. Die Röntgenkontrollen 16 Mo-

nate nach der Umkehrplastik zeigen vollständig geheilte Pseudarthrose des Malleolus internus.

Fall 38

Pseudarthrose des Malleolus internus.

25jähriger Mann. Motorradunfall. Bimalleolärfraktur links mit lateraler Subluxation des Talus. Reposition und Fixation durch Unterschenkelliegegips am Unfalltage. Röntgenkontrollen zeigen sehr gute Reposition. Die Gipsfixation wird 9 Wochen nach dem Unfall aufgegeben. Nach 4^{1/2} Monaten stärkere Valgusstellung des linken Fußes und Pseudarthrose am Malleolus internus. Umkehrplastik am Malleolus internus, nachdem der äußere konsolidierte Knöchel mit dem Meißel wieder mobilisiert wird, um den Talus aus der Subluxationsstellung zu bringen. Die Gipsfixation wird nach durchgeführter Umkehrplastik 20^{1/2} Wochen aufrechterhalten. Das Röntgenbild 1 Jahr nach der Umkehrplastik zeigt konsolidierte Frakturen am innern und äußern Knöchel. Der Bereich des ehemals eingelegten Umkehrspanes ist noch knapp zu erkennen. Der Talus steht in guter Achse in der Malleolengabel.

Fall 39

Pseudarthrose des Malleolus internus.

57jährige Frau. Bricht beide Knöchel mit der hintern Tibiakante infolge Sturz. Der Fuß ist nach latero-dorsal subluxiert. Die Reposition und Fixation mit zirkulärem Gipsverband wird am Unfalltag vorgenommen. Die Röntgenkontrolle ergibt gute Reposition. 6 Wochen nach dem Unfall wird ein Gehgipsverband angelegt. Die Röntgenkontrollen 2^{1/2} Monate nach dem Unfall zeigen noch offenen Frakturspalt am Malleolus internus bei beginnender Sklerosierung der Bruchflächen, deshalb Umkehrplastik. Der postoperative Verlauf ist unter Chemotherapieschutz komplikationslos. 4^{1/2} Wochen nach der Umkehrplastik wird Belastung im Gehgipsverband zugelassen. Nach 14^{1/2} Wochen wird der Gipsverband entfernt. Die Röntgenbilder 11 Monate nach der Umkehrplastik zeigen Heilung der Pseudarthrose. Der Umkehrspan ist noch angedeutet sichtbar.

Fall 40

Pseudarthrose des Malleolus internus.

63jähriger Mann. Bimalleolärfraktur mit lateraler Subluxation des Talus nach Pferdehieb. Reposition und Fixation durch zirkulären Unterschenkelliegegipsverband am Unfalltag. Es kann dadurch röntgenologisch eine gute Fragmentstellung erzielt werden. Nach 1 Monat Gehgipsverband. Die Röntgenkontrollaufnahmen nach 3 Monaten zeigen Pseudarthrose des Malleolus internus mit breit offenem Bruchspalt und Sklerosierung der Bruchenden, daher Umkehr-

plastik. Der postoperative Verlauf ist unter Chemotherapieschutz komplikationslos. Schon 1 Woche nach der Umkehrplastik wird ein Gehgipsverband angelegt. 11 Wochen nach der Umkehrplastik wird der Gehgipsverband entfernt. 8 Monate nach der Umkehrplastik ist die Pseudarthrose geheilt. Der Umkehrspan ist größtenteils umgebaut.

Fall 41

Pseudarthrose des Malleolus internus.

54-jähriger Mann. Offene Bimalleolärfraktur rechts mit vollständiger Luxation des Talus nachlateral infolge Sturz vom Fahrrad. Die Wundversorgung und Frakturpositionierung wird am Unfalltag vorgenommen. Die Röntgenkontrollen zeigen gute Fragmentstellung. Der Verlauf ist bei der Verabreichung von Terramycin gut. Die Wunde heilt p. p. 6 Wochen nach der Frakturpositionierung wird ein Gehgipsverband angelegt. Röntgenbilder nach 3 Monaten zeigen deutliche Pseudarthrose des Malleolus internus, deshalb Umkehrplastik. Der postoperative Verlauf ist unter Penicillin-Streptomycin-Chemotherapieschutz komplikationslos. 9 Wochen nach der Umkehrplastik wird die Gipsfixation aufgegeben. Röntgenbilder 7 Monate nach der Umkehrplastik zeigen allseitige Verbindung des schon stark umgebauten Umkehrspanes durch Callus mit dem Lager. Die Pseudarthrose ist geheilt.

Fall 42

Pseudarthrose des Malleolus externus.

31-jährige Frau zieht sich bei Landarbeit eine Fraktur des äußeren Knöchels rechts im distalen Abschnitt mit leichter Gabelsprengung zu. Fixation des Sprunggelenkes durch Unterschenkelgipsverband für 7 Wochen. Wegen Schmerzen und Schwellung im Bereiche des äußeren Knöchels wird eine Radiographie der Sprunggelenksgegend veranlaßt. Die Röntgenbilder zeigen eine Pseudarthrose des äußeren Knöchels bei breitem Pseudarthrospalt, deshalb Umkehrplastik, 5 1/2 Monate nach dem Unfall. Der postoperative Verlauf gestaltet sich störungsfrei. Die Gipsfixation wird 11 1/2 Wochen nach der Umkehrplastik beendet. Die Röntgenaufnahmen 1 1/2 Jahre nach der Operation zeigen vollständige Heilung der Pseudarthrose.

Fall 43

Pseudarthrose des Malleolus externus.

35-jähriger Mann. Bimalleolärfraktur mit latero-dorsaler Subluxation des Talus durch Arbeitsunfall. Reposition und Fixation durch Gipsverband am Unfalltag. 2 Wochen Gehgipsverband. Nach 7 Wochen Entfernung des Unterschenkelgipsverbandes, Anlegung einer U-Schiene, die 10 Wochen nach dem Unfall entfernt

wird. Der Patient ist daraufhin beschwerdefrei, bis 3 Monate nach dem Unfall Schmerzen in der Gegend des äußern Knöchels auftreten. Röntgenaufnahmen nach 3 Monaten zeigen typische Pseudarthrose des Malleolus externus mit offenem Bruchspalt auf Höhe der Gelenkspalthöhe und deutlicher Sklerose der Bruchflächen. 9 1/2 Monate nach dem Unfall Umkehrplastik. Der postoperative Verlauf ist unter Penicillin-Streptomycinschutz komplikationslos. 4 Wochen nach der Umkehrplastik wird ein Gehgipsverband angelegt. 15 1/2 Wochen nach Umkehrplastik wird der Gipsverband entfernt. Röntgenkontrolle 6 Monate nach der Umkehrplastik zeigt schon fortgeschrittene Verschmelzung des Transplantates mit dem Lager bei geheilter Pseudarthrose.

Zusammenfassung

Die Frakturen, welche zu den beschriebenen Pseudarthrosen oder zu verzögerter Konsolidation führten, lassen sich zum großen Teil auf Verkehrsunfälle zurückführen. So sind 20 Frakturen durch Verkehrsunfälle bedingt, 18 durch Arbeitsunfälle, 3 durch Sportunfälle und 2 durch anderweitige Unfallursachen. Daß es häufig komplizierte Frakturen sind, die Konsolidationsschwierigkeiten bieten, geht auch aus unserer Zusammenstellung hervor, indem es sich von den beschriebenen 43 Fällen bei 15 um offene Frakturen handelt.

Die durchschnittlich zwischen Unfallereignis und Umkehrplastik verstrichene Zeit und die durchschnittliche Fixationsdauer nach der Umkehrplastik sind in der folgenden Tabelle angegeben.

Fälle		Versager	Intervall von Unfall bis U. P. in Monaten (im Durchschnitt)	Fixation nach U. P. in Wochen (im Durchschnitt)
Humerus	3	1	6 Monate	14 1/2 Wochen
Radius	6	1	9 Monate	15 Wochen
Ulna	9	1	5 1/2 Monate	16 Wochen
Femur	1	0	12 Monate	11 1/2 Wochen
Tibia	13	0	12 1/2 Monate	18 Wochen
Malleolus internus	9	0	4 1/2 Monate	13 1/2 Wochen
Malleolus externus	2	0	7 1/2 Monate	13 1/2 Wochen

Die *Fixationsdauer* wurde bei den vorliegenden Fällen nach röntgenologischen Gesichtspunkten bestimmt. Sobald der Span gute Callusverbindung mit dem Lager aufwies und die Pseudarthroselinie mit der Verknöcherung begann, wurde die Gipsfixation weggelassen. Zum Vergleich seien die von *Brun* vorgeschlagenen Fixationstermine angegeben, die durchschnittlich etwas kürzer sind. Für die obere Extremität wurde 12 bis 14 Wochen, für die untere Extremität 10 bis 12 Wochen postuliert.

Die von *Brun* angegebene Fixationsdauer sollte bei erwachsenen Personen unseres Erachtens nicht unterschritten werden. Die vorausgehende Übersichtstabelle beweist auch die bekannte Tatsache, daß die Länge des Bestehens der Pseudarthrose für das definitive Heilergebnis der Umkehrplastik nicht von Bedeutung ist. An der untern Extremität lag zum Beispiel bei den 14 Fällen der Unfall durchschnittlich mehr als 1 Jahr zurück. Trotz der durchschnittlich langen Dauer bis zur Umkehrplastik kam es zu keinem Versager. Interessieren dürfte ferner, wieviele und welche blutige Repositions- und Fixationsmanöver der Umkehrplastik vorausgingen.

Bei 9 Fällen wurde vor der Pseudarthrosenbildung eine Marknagelung,
bei 6 Fällen eine Cerclage mit Drahtschlingen,
bei 2 Fällen eine Fixation mit Lane'scher Platte durchgeführt.

Bei weiteren 2 Fällen wurde eine Kirschnerdraht-Transfixation durchgeführt, wobei sich bei einem eine Osteomyelitis entwickelte. Im gesamten wurde bei den 43 Fällen vor der Pseudarthrosenbildung bzw. vor der Umkehrplastik, 19mal blutig reponiert.

Erörterung der Versager

Bei 3 Fällen blieb die feste knöcherne Konsolidation aus, unter Entwicklung einer neuen Pseudarthrose.

Die 3 Versager finden sich auffallenderweise unter den 18 Pseudarthrosefällen der *oberen* Extremität. Es entwickelte sich wieder eine Pseudarthrose nach der Umkehrplastik je 1mal am Humerus, am Radius und an der Ulna.

Bei der Humeruspseudarthrose sind seit der Umkehrplastik $7\frac{1}{2}$ Jahre verstrichen (Fall 3). Es handelt sich dabei um eine klinisch straffe Pseudarthrose, die nur leichte falsche Beweglichkeit aufweist. Die neue Pseudarthrose verläuft durch die alte Pseudarthroselinie des Spanes und des Lagers und ist dadurch treppenförmig.

Die erneute Pseudarthrosenbildung beruht hier auf einem technischen Fehler, indem der Umkehrspan zu kurz war. *Brun* schlug vor, als Spanlänge das 4fache der Knochendicke zu wählen, an dem die Umkehrplastik ausgeführt wird. Beim vorliegenden Falle entspricht die Spanlänge nur dem 2fachen der Knochen-

dicke. Dazu war die Fixationsdauer mit $11\frac{1}{2}$ Wochen relativ kurz, verglichen mit der durchschnittlichen Fixationsdauer von $14\frac{1}{2}$ Wochen. Der kurze Umkehrspan hätte möglicherweise bei entsprechend längerer Fixationsdauer genügt. Bei der Radiuspseudarthrose (Fall 6) sind seit der Umkehrplastik 5 Jahre verflossen. Der Patient ist seit mehr als $\frac{1}{2}$ Jahr vollständig beschwerdefrei. Die Pseudarthrose ist klinisch fest, indem keine falsche Beweglichkeit nachgewiesen werden kann. Röntgenologisch besteht aber ein durchgehend feiner Pseudarthrosespalt. Der Fall wurde deshalb unter die Versager eingereiht.

Der neue Pseudarthrosespalt ist treppenförmig und verläuft ebenfalls durch die alte Pseudarthroselinie des Umkehrspanes und des Lagers. Diese Pseudarthrose wäre wahrscheinlich fest geworden bei längerer Fixationsdauer. Nach der durchgeführten Umkehrplastik wurde nur 10 Wochen fixiert (durchschnittliche Fixationsdauer am Radius der mit Umkehrplastik behandelten Fälle 15 Wochen).

Der Patient nahm zudem als Selbsterwerbender ohne Versicherung, bei frisch übernommenem Geschäft, die Arbeit nach der Entfernung des Gipsverbandes sofort auf und konnte sich ungenügend schonen. Bei der Entfernung des Gipsverbandes ließ man sich durch die röntgenologisch schon gute Callusverbindung des Spanes mit dem Lager leiten. Die erneute Pseudarthrosenbildung wurde zudem auch hier durch einen zu kurzen Span begünstigt.

Bei dem 3. Versager (Fall 15), einer Ulnapseudarthrose, liegt die Umkehrplastik 7 Jahre zurück. Es handelt sich klinisch um eine straffe Pseudarthrose, die gelegentlich Schmerzen verursacht. Als Ursache der erneuten Pseudarthrosenbildung dürfte insofern auch hier ein technischer Fehler verantwortlich gemacht werden, als ein zu dünner Umkehrspan gewählt wurde, so daß eine Spanfraktur eintrat (Röntgenbild 21. April 1948). An der Frakturstelle wies der Umkehrspan kaum $\frac{1}{4}$ der gesamten Knochendicke auf. Die schwächste Stelle des Spanes, die dem Ort der Spanfraktur entspricht, fand sich außerdem noch nahe der Pseudarthroselinie des Lagers. Die neue Pseudarthroselinie verläuft demnach leicht treppenförmig und geht durch die Frakturstelle des Spanes und durch die Pseudarthroselinie des Lagers. Die erneute Entwicklung einer Ulnapseudarthrose konnte trotz 18wöchiger Fixationsdauer nach der Umkehrplastik nicht mehr aufgehalten werden.

Anderweitige nach der Umkehrplastik beobachtete Komplikationen

1. Infektion

Bei 4 Fällen (22, 26, 27, 31) kam es nach der Umkehrplastik zu einer Infektion des Operationsgebietes mit partieller Sequestrierung des Umkehrspanes. Alle 4 Pseudarthrosen sind jedoch in der Folge ohne anderweitige Pseudarthrosenoperationen konsolidiert. Diese Resultate sprechen für eine große Widerstandskraft des isotopen autoplastischen Spanes gegenüber der Infektion. Fall 27 ist

besonders interessant, indem noch bei florider, fistelnder Osteomyelitis eine Umkehrplastik ausgeführt wurde. Der Umkehrspan heilte unter Chemotherapie (Penicillin) ohne Sequestrierung des Spanes ein, obwohl es auch hier zu einer Infektion des Operationsgebietes kam.

Bei Fall 3 wurde eine Umkehrplastik ausgeführt, nachdem 2 Monate vor dem Eingriff ein Sequester ausgestoßen wurde. Der postoperative Verlauf war unter Chemotherapieschutz komplikationslos. Es kam auch nicht zu einer vorübergehenden Wundinfektion.

2. Spontan- bzw. Dauerfrakturen

Diese Komplikation trat in der Folge zu starker dauernder rhythmischer Beanspruchung bei 2 Fällen auf (Fall 3 und 28), nachdem die Pseudarthrose schon konsolidiert war. Bei Fall 3 konnte die erneute Pseudarthrose durch Transplantation eines autoplastischen Tibiaspanes zur Konsolidation gebracht werden. Bei Fall 28 genügte eine Fibulatomie.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß mit der von *Brun* angegebenen Umkehrplastik, 40 von 43 Fällen zur Konsolidation geführt werden konnten, was 93 % Heilung entspricht.

Wenner kommt bei 24 Fällen von Umkehrplastik (22 an der Tibia, 1 an der Ulna und 1 an der Fibula) aus der Privatklinik von *Brun*, auf 95 % Heilung, wobei der Versager ein Todesfall infolge Tetanus war.

Wenzel (Universitätsklinik Prag, 1937) gibt in allen 11 mit der Umkehrplastik behandelten Fällen Heilung an (5 Tibia-, 3 Radius- und 3 Ulnapseudarthrosen).

Bei unseren 25 an den unteren Extremitäten ausgeführten Umkehrplastiken kam es zu keinem Versager. Die Umkehrplastik ist unseres Erachtens deshalb besonders zu empfehlen zur Behandlung von Pseudarthrosen und von verzögerter Konsolidation an der Tibia, an den Malleolen und in zweiter Linie am Radius und an der Ulna. Hervorzuheben ist weiter, daß es sich bei den 3 Versagern um straffe, nur minimale oder keine Beschwerden verursachende Pseudarthrosen handelt, daß sie aus den ersten Jahren nach der Einführung der Umkehrplastik stammen. Die erwähnten operativ-technischen Mängel sind vermeidbar.

Bibliographie

- Annersten, S.: Über die Osteogenese bei der Frakturheilung. — *Der Chirurg* 3, 76, 1941.
- Axhausen, W.: Die Quellen der Knochenneubildung nach freier Knochenüberpflanzung. — *Langenbecks Arch. u. D. Z. f. Chirg.* 270, 439, 1951.
- Später Ermüdungsbruch der Tibia nach Spanentnahme. — *Zbl. für Chirg.* 14, 992, 1951.
- Die Knochenregeneration, ein zweiphasisches Geschehen. — *Zbl. für Chirg.* II, 435, 1952.
- Die Knochenbildungsfähigkeit der frei überpflanzten Knochenhaut. — *Zbl. für Chirg.* I, 27, 1952.
- Bätzner, K.: Die freien Transplantationen an der chirg. Klinik Freiburg i. Br. — *Langenbecks Arch. u. Deutsche Z. f. Chirg.* 268, 588, 1951.
- Weitere Ergebnisse und Fortschritte der chirg. Behandlung von Pseudarthrosen und Knochendefekten nach schweren Unfall- und Kriegsverletzungen. — 178, 239, 1949.
- Blasche, P.: Homoioplastische Transplantationen bei verzögerter Heilung von Unterschenkelbrüchen. — *Langenbecks Arch. u. Deutsche Z. f. Chirg.* 276, 180, 1953.
- Brun, H.: Die chirg. Behandlung der Pseudarthrosen. — *Zentralblatt für Chirurgie* 44, 969, 1917.
- Pseudarthrose und verzögerte Konsolidation. — *Schweiz. med. Wochenschr.* 23, 540, 1927.
- Typische Pseudarthrosenoperationen. — *Schweiz. med. Wochenschr.* 51, 1217, 1931.
- Büttner, Ad. und Rehbein, F.: Experimentelle Überlastungsschäden des Röhrenknochens. — *Langenbecks Arch. u. Deutsche Z. f. Chirg.* 263, 331, 1949.
- Cathomas, B.: Experimenteller und klin. Beitrag zur Behandlung der Infektpseudarthrose. — *Helv. chirg. Acta* 17, 289, 1950.
- Dengler, S.: Überlastungsschäden an den oberen Extrem. — *Zentralblatt f. Chirg.* 46, 2531, 1938.
- Fischer, A. W.: Zur Pseudarthrosenbehandlung mit Küntschnagel. — *Zentralblatt für Chirg.* 7, 736, 1948.
- Fehr, A. M.: Erfahrungen mit der Spongiosaplastik nach Matti. — *Helv. chirg. Acta* 16, 269, 1949.
- Fromme, A.: Wie beeinflusst eine unitarische Mesenchymlehre unsere Ansicht über die Knochenneubildung bei Frakturen und bei Knochenregenerationen. — *Langenbecks Arch. u. Deutsche Z. f. Chirg.* 273, 445, 1953.
- Gelbke, H.: Ergebnisse operativer Pseudarthrosenbehandlung. — *Langenb. Arch. klin. Chirg. Deutsch. Z. f. Chirg.* 262, 182, 1949.
- Tierversuche zur Frage der Frakturcallus- und Pseudarthrosenentstehung. — *Langenbecks Arch. u. Deutsche Z. f. Chirg.* 277, 306, 1953.
- Gohrbrandt, Bertin: Bedeutung homoioplastischer Transplantate. — *Langenbecks Arch. u. Deutsche Z. f. Chirg.* 273, 451, 1953.
- Graff, Ulr.: Weitere Ergebnisse der Pseudarthrosenbehandlung mittels der Spananlage nach Phemister. — *Bruns Beiträge zur klin. Chirg.* 186, 2, 233, 1953.
- Greifensteiner: Kompressionsosteosynthese. — *Bruns Beitr. zur klin. Chirg.* 187, 219, 1953.
- Hasslinger, W. M.: Die Behandlung der Pseudarthrosen mittels Spongiosaplastik nach Matti. — *Zentralblatt f. Chirg.* 43a, 2146, 1952.
- Hellner, H.: Marknagel und freie Spanplastik. — *Der Chirurg* 6, 241, 1948.
- Hert, A.: Gestörte Knochenbruchheilung und Beck'sche Bohrung. — *Arch. f. orthopäd. und Unfallchirg.* 42, 130, 1942.

- Hohmann, G.: Die Pseudarthrosen und die durch Knochendefekte entstandenen Schlottergelenke. — Dtsch. Orthop. 5, 1—45, 1921.
- Karcher, H.: Der Calcium- und Phosphorstoffwechsel bei der normalen und gestörten Knochenbruchheilung, sowie in frischen und konservierten Transplantaten. — Langenbecks Arch. u. Dtsch. Z. f. Chirg. 275, I, 1953.
- Karitzky: Hefte zur Unfallheilkunde, Heft 22, 1938.
- Lenggenhager, K.: Zur Genese der Pseudarthrosen. — Helv. chirg. Acta 13, 440, 1946.
- Lexer, E.: Blutige Vereinigung von Knochenbrüchen. — Dtsch. Zeitschrift f. Chirg. 133, 170, 1915.
- Über die Entstehung von Pseudarthrosen nach Frakturen und nach Knochentransplantationen. — Arch. f. klin. Chirg. 119, 520, 1922. Arch. f. Orthop. und Unfallchirg. 16, 304, 1918.
- Maatz, R.: Die Knochenbildungsfähigkeit konservierter Späne. — Zentralbl. f. Chirg. 32, 1376, 1952.
- Matti, H.: Die Knochenbrüche und ihre Behandlung. — 1918 (Julius Springer, Berlin).
- Matzen, P. F.: Vom Einfluß mechanischer Einwirkungen auf die Callusbildung. — Bruns Beitr. zur klin. Chirg. 184, 147, 1952.
- Der Marknagel in der Pseudarthrosenbehandlung. — Zentralbl. f. Chirg. 38, 1624, 1953.
- Müller, W.: Über Pseudarthrosen und Pseudarthrosenbehandlung. — Der Chirurg 18, 535, 1941.
- Nusselt, H.: Über die Bedeutung des Marknagels zur Behandlung der Pseudarthrosen. — Der Chirurg 5, 211, 1949.
- Oberdalloff, H.: Experimentelle und klinische Studien zur Frage der Knochenregeneration. — Langenbecks Arch. f. klin. Chirg. u. Dtsch. Z. f. Chirg. 260, 109, 1947.
- Paal, E.: Beiträge zur Pseudarthrosenbehandlung. — Zentralblatt f. Chirg. 44, 2380, 1939.
- Phemister, Dallas B.: Treatment of Pseudarthrosis by simple onlay bone graft without Removal of callus. — Journal international de Chirurgie 3, 713, 1948.
- Rendk Hoff, E.: Beitrag zur Behandlung von Spanplastiken. — Zbl. f. Chirg. 3, 177, 1950.
- Ritter, N.: Über die Heilvorgänge bei der subperiostalen Spananlagerung nach Phemister. — Langenbecks Arch. u. Dtsch. Z. f. Chirg. 274, 268, 1953.
- Roth, H.: Zur Frage der Knochenkonservierung. — Helv. chirg. Acta 18, 276, 1951.
- Rutishauser, E.: Greffes osseuses. — Journal intern. de Chirg. XIII, 320, 1953.
- Scheffel, H.: Beitrag zur Pseudarthrosenbildung langer Röhrenknochen. — Bruns Beiträge zur klin. Chirg. 184, 467, 1952.
- Schink, W.: Eine experimentelle Studie über wandständige Knochentransplantation. — Langenbecks Arch. u. Dtsch. Z. f. Chirg. 268, I, 1951.
- Schkolnikow, L. G.: Knochenplastik aus örtlichem Gewebe. — Zbl. f. Chirg. 16, 698, 1952.
- Schmorell, H.: Zur Knochenbolzung bei Frakturen der langen Röhrenknochen. — Zbl. f. Chirg. 41, 1751, 1952.
- Seyfarth, H.: Zur Spongiosatransplantation nach Matti. — Zbl. f. Chirg. 8, 323, 1953.
- Sieber, E.: Pseudarthrosenbehandlung mit der Auflagespanplastik nach Phemister. — Zbl. f. Chirg. 12/13, 515, 1953.
- Simon, E.: Bolzung der Tibiapseudarthrose mit der Fibula. — Der Chirurg 2, 102, 1950.
- Stumpfegger, L.: Die freie autoplastische Knochentransplantation in der Wiederherstellungschirurgie der Gliedmaßen. — Dtsch. Z. f. Chirg. 259, 495, 1944.
- Tomosuke, Mayeda: Die Anwendung der Knochenverpflanzung zur Behandlung der Pseudarthrosen langer Röhrenknochen. — Dtsch. Z. f. Chirg. 236, 159, 1932.

- Wenner, R., Diss.: *Zur Therapie der Pseudarthrose* unter besonderer Berücksichtigung der Resultata mit der Umkehrplastik nach Brun H. — Univ. Zürich, 1936.
- Wenzel, Prag: Kippspanplastik zur Behandlung von Pseudarthrosen. — *Der Chirurg* 8, 292, 1937.
- Über die Behandlung langsam oder gar nicht heilender Knochenbrüche. — *Archiv f. klin. Chirg.* 183, 183, 1935.
- 61. Tagung der deutschen Gesellschaft für Chirurgie. — *Archiv f. klin. Chirg.* 189, 40, 1937.
- Woyta, H.: Beitrag zum Phosphorstoffwechsel in Knochentransplantation. — *Langenbecks Arch. u. Dtsch. Z. f. Chirg.* 277, 394, 1953.

Zum Schluß sei mir gestattet, Herrn Professor Franz Merke für die Durchsicht und Korrektur der Arbeit herzlich zu danken.

Ebenso danke ich meinem Chef, Herrn Dr. med. O. Häuptli, für die Überlassung des Themas, für die vielen Ratschläge und für die Hilfe bei der Ausführung der Arbeit.

